

# 土木研究所資料

## 過去の大規模地震における落橋事例とその分析

平成 2 1 年 1 2 月

独立行政法人土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ

Copyright © (2009) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 過去の大規模地震における落橋事例とその分析

上席研究員	運上 茂樹
上席研究員	星隈 順一
主任研究員	堺 淳一
交流研究員	植田 健介

現 国土交通省国土技術政策総合研究所  
危機管理技術センター 地震災害研究官

## 要 旨

国内外で過去に起こった大規模地震における落橋という甚大な被害をうけて、設計で想定される以上の地震外力の作用や地盤変位による上下部構造間の過大な相対変位に対しても落橋を防止することを目的とした落橋防止システムの設計法が整備されている。こうした落橋防止システムは支承破壊に伴う上下部構造間の大きな相対変位に対して落橋を防止できるように配慮することとされているものの、どのような落橋現象に対して、どのような性能を確保し、また、具体的な落橋現象を考慮した場合の落橋防止システムへの作用力の評価法など十分明らかにされていない点も多い。

そこで本研究では、過去の大規模地震における落橋事例を分析し、橋の桁落下に至るシナリオの検討を行い、落橋防止システムに要求される性能に関する考察を行った。

キーワード：落橋防止システム，落橋，被災シナリオ，桁落下事例



## 目 次

1 . はじめに . . . . .	1
2 . 過去の地震における落橋の分析 . . . . .	2
3 . 落橋防止システムの要求性能 . . . . .	8
参考文献 . . . . .	9
参考資料 . 過去の大規模な地震による落橋事例集 . . . . .	11



## 1 . はじめに

1995年の兵庫県南部地震において、落橋等の甚大な被害が多数の橋梁に生じたことをうけて、平成8年に改定された道路橋示方書V耐震設計編<sup>1)</sup>では、落橋防止のために必要な機能を明確にして落橋防止システムを構成するとともに、その設計法が強化された。平成14年の道路橋示方書V耐震設計編<sup>2)</sup>では、性能設計に対応するために要求性能が示されることになり、落橋防止システムの性能目標としては、設計で想定される以上の地震外力や地盤の変位により過大な上部構造の応答が生じた場合にも、桁の落下を防止することとされた。しかし、道路橋示方書の規定は仕様規定となっており、性能という観点ではどのような落橋現象に対して、どのような性能を確保し、また、具体的な落橋現象を考慮した場合の落橋防止システムへの作用力の評価法など十分明らかにされていない点多いため、これらを明確にし、合理的な落橋防止システムの設計法を構築することが必要とされている。

以上のような背景から、本研究では過去の地震における落橋の分析による橋の桁落下シナリオの検討を行い、落橋防止システムに要求される性能に関する考察を行った。

## 2 . 過去の地震における落橋の分析

橋桁が落下するシナリオを検討するために、過去の大規模な地震における落橋事例の分析を行った。対象としたのは、表-1に示すように1891年濃尾地震以降の国内の地震と1994年米国・ノースリッジ地震以降の海外の地震において橋桁が落下した62ケース<sup>3)-43)</sup>である。ここで、桁落下の被災シナリオとしては以下の5つを設定し、これによって分類した。図-1にシナリオA～Dの例を示す。

シナリオA：下部構造が倒壊

シナリオB：下部構造が大変位

シナリオC：上部構造の橋軸方向への変位

シナリオD：上部構造の橋軸直角方向への変位

シナリオE：津波による上部構造の流失（漂流船舶の衝突による橋脚の崩壊を含む）

我が国における被災例としては、1948年の福井地震までは下部構造が倒壊したことを原因とする落橋が大多数を占めているが、これより後には上部構造や下部構造の大変位による落橋も生じている。1995年の兵庫県南部地震では下部構造の倒壊によるケースと上部構造や下部構造の大変位によるケースが同程度生じている。

表-1の事例を構造形式と被災シナリオで分類し、径間数で整理したものが表-2であり、被災シナリオごとの橋数と径間数にまとめた結果が表-3である。これらによれば、桁落下の原因としては、下部構造の倒壊（シナリオA）が圧倒的に多く、橋数では全体の43%、径間数にすると全体の77%を占める。次いで多いのが、津波を原因とするケースである。下部構造や上部構造の大変位に起因する落橋（シナリオB～D）はそれぞれ径間数にして全体の10%以下と多くはない。

表-4は、我が国で地震により桁落下が生じた事例を構造形式ごとに整理した結果である。なお、文献23)によれば落下した桁の径間数は46径間となっているが、ここでは文献18)および22)～29)の資料をもとに下部構造の崩壊に伴う桁の沈下が顕著であった市庭町建石交差点の2径間についても落橋に含め、名神高速道路における落橋を瓦木西高架橋の2径間とし、さらに文献23)では落橋事例として取り上げられていない新港第4突堤ポートターミナルランプのダブルデッキの上下1径間の計2径間を追加し、表-5のように49径間としている。

表-4によれば、桁落下は複数径間を有する単純桁橋に多く生じている。ただし、200を超える落下径間のうちの90%近くは、下部構造の倒壊が原因である。一方、両端に橋台を有する単純桁橋は一般に橋が振動しにくいと考えられるが、実際の被害においても落橋したのは2ケースと少なく、その原因は橋台の破壊であり、橋の地震応答によるものではないと推測されている。連続桁橋では、兵庫県南部地震において斜橋や曲線橋において桁の回転の影響もあると推測されるが主として橋脚の崩壊により落橋した例が3橋（4径間）報告されている。また、連結桁形式の橋梁において、橋脚の倒壊により落橋した例が1橋（13径間）報告されている。2008年の岩手・宮城内陸地震における連続橋の落橋は、橋台・橋脚が設置された周辺地盤の崩壊が原因とされている。以上のことから、連続橋においては下部構造が倒壊しない限り桁落下が生じた事例はない。

以上より、過去の地震被災によれば、下部構造の倒壊なしに桁が落下した橋の構造形式としては、複数径間を有する単純桁橋に限られている。



(a) シナリオA：下部構造が倒壊した例<sup>14)</sup>



(b) シナリオB：下部構造が大変位した例<sup>19)</sup>



(c) シナリオC：桁が橋軸方向へ変位した例<sup>14)</sup>



(d) シナリオD：桁が直角方向へ変位した例<sup>12), 13)</sup>

図-1 桁落下シナリオに基づく被災例

表-1(1) 過去の被害地震による桁落下事例と被災シナリオ

地震名	橋梁名	落下径間 / 径間数	構造形式	被害形式	シナリオ	資料頁番号	参考文献
1891年濃尾地震	枇杷島橋	不明	木橋（詳細は不明）	地盤変状による下部構造崩壊	A	12-13	3), 4), 5)
	豊国橋	1 / 3	3径間鋼トラス橋, 斜角20°	下部構造の変位により1径間の桁落下	B	14-15	6), 7)
	酒匂橋	33 / 33	33径間RCT桁橋	橋脚の破壊により落橋	A	16-17	6), 7)
1923年関東地震	早川橋	1 / 6	6径間RCT桁橋	上部構造の変位, あるいは橋脚変位	C	18-19	6), 7)
	神戸橋	2 / 2	2径間RCT桁橋	橋脚の破壊により落橋	A	20-21	6)
	谷戸橋	1 / 1	単径間平行弦ラットラス	橋台の破壊により落橋	A	22-23	6), 7)
1946年南海地震	木賀橋	不明	木造類杖橋	斜面崩落による橋脚破壊	A	24-25	6), 7)
	渡川橋	6 / 8	8径間鋼リフトス橋	地盤変状による橋脚移動	B	26-27	8), 9), 10)
	厄除橋	4 / 5	5径間ハウ型木トラス橋	津波によって遡上した船の衝突	E	28-33	10)
1948年福井地震	会津橋, 他11橋	(12) / (12)	単純桁橋（木, 鋼, RC造）等	津波による橋脚の折損（漂流船舶の衝突）	E	34-35	8), 9), 10)
	中角橋	11 / 14	14径間鋼鉄桁橋	上部構造の変位により桁落下	A	36-37	7), 11), 12), 13)
	長屋橋	4 / 8	8径間鋼桁橋	下部構造の沈下, 変位により上部構造沈下	A	38-39	7), 11), 12)
	港橋	7 / 7	7径間木造土橋	橋脚の破壊により落橋	A	40-41	11), 12)
	布施田橋	53 / 75	75径間木造土橋	下部構造の破壊により落橋	A	42-43	11), 12)
	板垣橋	8 / 13	13径間RCT桁橋	下部構造傾斜により桁落下	A	44-45	11), 12)
	弁天橋	3 / 6	6径間RCT桁橋	下部構造の転倒により落橋	A	46-47	11), 12)
	船橋	30 / 30	30径間木造土橋	下部構造の崩壊により落橋	A	48-49	11), 12)
	響橋	3 / 3	6径間トラス橋（3径間分架設済み）	上部構造の変位により桁落下	C	50-51	14)
	昭和大橋	5 / 12	12径間単純鋼鉄桁橋	1径間は振動応答により桁落下 それ以外の桁は液状化による地盤の変位により落下	B, C	52-53	7), 15), 16), 17), 18)
1964年新潟地震	新潟駅東跨線橋	1 / 16	単径間活荷重合成単純鋼桁橋 + (8+7)径間レナ/PCT桁橋	液状化による地盤の変位により落橋	B	54-55	15), 16), 17), 18)
	松浜橋	1 / 14	14径間鋼リフトス橋（架設中）	支保工の倒壊により可動側から落橋	A	56-57	16), 17)
1978年宮城県沖地震	品ノ木橋	不明	不明	橋脚の沈下による落橋	A?	58-59	15)
	錦桜橋	1 / 9	9径間ゲルバー鋼桁橋	上部構造の振動変位による落下	C	60-61	19), 20)
1983年日本海中部地震	月出橋	3 / 5	4径間木橋 + 単径間RC床版桁橋	津波によって遡上した船の衝突	E	62-63	21)

表-1(2) 過去の被害地震による桁落下事例と被災シナリオ

地震名	橋梁名	落下径間 / 径間数	構造形式	被害形式	シナリオ	資料頁番号	参考文献	
1995年兵庫県南部地震	門戸高架橋	1 / 19	19径間単純桁橋 (PC桁, 鋼桁) 斜角40°	斜橋の回転による桁落下	D	64-65	23)	
	岩屋高架橋	15 / 46	3径間連続PC桁橋3連 + 単純合成鋼箱桁橋 + 単純合成鋼桁橋 + 3径間連続PC桁橋4連 (上下線分離)	鋼製橋脚の局部座屈・角部われによる崩壊 RC橋脚の破壊による落橋	A	66-69	22), 23), 26), 27), 28)	
	瓦木西高架橋	2 / 3	3径間連続RC中空床版橋, 斜角52°	斜橋の回転と橋脚損傷による桁落下	A, (D)	70-71	23)	
	甲子園高潮町西	2 / 2	鋼単純鋼桁橋	RC橋脚の主鉄筋段落し部の破壊による倒壊	A	72-73	25)	
	浜脇町札場	2 / 4	4径間鋼単純鋼桁橋	桁振動・衝突による桁落下	C	74-75	25)	
	市庭町建石交差点	2 / 2	単純合成鋼箱桁橋 + 単純合成鋼桁橋	鋼製橋脚の座屈による崩壊	A	76-77	22), 23)	
	東灘区深江本町	18 / 18	18径間PCガルバナー桁橋 (ピルツ橋)	RC橋脚の主鉄筋段落し部の破壊による倒壊	A	78-79	22), 23), 24), 25)	
	中央区波止場町	2 / 2	2径間単純合成鋼桁橋	RC橋脚の主鉄筋段落し部の破壊による倒壊	A	80-81	22), 25)	
	湊川ランプ橋東入G3	1 / 2	2径間連続曲線鋼箱桁橋	曲線橋の回転と橋脚損傷による桁落下	A, (D)	82-83	22), 25)	
	湊川ランプ橋西出G4	1 / 2	2径間連続曲線鋼箱桁橋	曲線橋の回転と橋脚損傷による桁落下	A, (D)	84-85	22), 25)	
	西宮港大橋77°R-升橋	1 / 2	ニルセロ-セ橋 + 単純鋼箱桁橋	桁間の振動位相差と地盤流動化による桁落下	(B), C	86-87	18), 23), 29)	
	新港第4突堤 橋 -19-ミルツワ	2 / 8	単純鋼箱桁橋2連 (ゲルバ-桁) + 2径間77° 鋼箱桁橋, 二層式曲線橋, 斜角あり	斜橋の回転と上下部構造の大変位で桁落下	(B), (C), D	88-89	30)	
	2000年鳥取県西部地震	原田橋	1 / 1	単径間 斜角あり	橋台の破壊により落橋	A	90-91	31), 32)
	2008年 岩手・宮城内陸地震	祭時大橋	3 / 3	3径間連続非合成鋼桁橋	地山の崩壊による大変位と橋脚崩壊による 落橋	A	92-93	33), 34)
1994年 米国・ノースリッジ地震	IS/S147/ク-エイジ橋	3 / 10	10径間RC箱桁橋, 曲線橋	RC橋脚のせん断破壊による倒壊	A	94-95	33), 34)	
1999年 トルコ・コッパリ地震	Gavin Canyon橋	2 / 5	PC箱桁橋 + (2+2)RC箱桁橋, 斜角66°	振動位相差による大変位でヒンジ部で落下	C	96-97	35), 36), 37)	
1999年台湾・集集地震	Arifiye橋	4 / 4	4径間単純PC橋, 斜角70°	断層による橋脚移動	B	98-99	38), 39)	
	長庚橋	2 / 13	13径間PC単純5主桁橋	支承の破壊と桁の移動	C	100-101	38)	
	卑豊橋	3 / 13	13径間RC単純桁橋	断層による地盤の隆起による橋脚の転倒	A	102-103	38)	
	烏溪橋 (旧橋)	2 / 18	18径間PC単純5主桁橋	断層による橋脚移動	B	104-105	38)	
	石圍橋 (多数)	2 / 3 (多数)	3径間RC単純桁橋, 斜角55° ~ 85° 単純桁橋	断層による橋脚移動 津波による流失	B E	106-111	40)	
2004年インド沖大地震	百花大橋	4 / 9	(2+3+4)連続PCスラブ橋	橋脚の倒壊による落橋	A	112-113	41)	
2008年中国・四川地震	廟子平橋	1 / 18	2径間連続PCT桁+3径間連続PC7-メ橋 +(5+4+4)径間連続PCT桁	下部構造の変位と上部構造の応答による 桁落下	(B), C	114-115	42)	
	小魚河橋	3 / 4	4径間連続方柱ラーメン橋	下部構造の破壊により落橋	A	116-117	42)	
	井田坝大橋	2 / 2	2径間RCアーチ橋	下部構造の破壊により落橋	A	118-119	43)	
	紅東大橋	不明	RCアーチ橋 (径間数不明)	下部構造の破壊により落橋	A	120-121	43)	
	迎春橋	1 / 1	無補剛石造アーチ橋	下部構造の破壊により落橋	A	122-123	43)	

表-2 過去の被害地震による桁落下事例の被災シナリオと構造特性による桁落下径間数の分類

地震名	構造形式	両端橋台単純桁				複数径間単純桁				連続(連結)桁				備考	
	シナリオ 橋梁名	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D		E
1891年濃尾地震	枇杷島橋					不									
1923年関東地震	豊国橋						1								
	酒匂橋					33									
	早川橋							1							
	神戸橋					2									
	谷戸橋	1													
1946年南海地震	木賀橋														不明
	渡川橋						6								
	厄除橋 会津橋, 他11橋													4 12	
1948年福井地震	中角橋					11									
	長屋橋					4									
	港橋					7									
	布施田橋					53									
	板垣橋					8									
	弁天橋					3									
1955年二ツ井地震	船橋					30									
	響橋							3							
1964年新潟地震	昭和大橋						4	1							
	新潟駅東跨線橋						1								
	松浜橋					1									
	品ノ木橋														不明
1978年宮城県沖地震	錦桜橋							1							
1983年日本海中部地震	月出橋													3	
1995年兵庫県南部地震	門戸高架橋								1						
	岩屋高架橋					2				13					
	瓦木西高架橋									2			(2)		
	甲子園高潮町西					2									
	浜脇町札場								2						
	市庭町建石交差点					2									
	東灘区深江本町					18									
	中央区波止場町					2									
	湊川ランプ橋東入G3										1			(1)	
	湊川ランプ橋西出G4										1			(1)	
	西宮港大橋A <sup>1</sup> B <sup>1</sup> 橋						(1)	1							
新港第4突堤 ポーターミルランプ						(2)	(2)	2							
2000年鳥取県西部地震	原田橋	1													
2008年 岩手・宮城内陸地震	祭時大橋									3					
小計		2	0	0	0	178	12 (3)	9 (2)	3	20	0	0	0	19 (4)	
1994年 米国・ノースリッジ地震	I5/S14イタ-フィン <sup>1</sup> 橋					3									
	Gavin Canyon橋											2			
1999年 トルコ・コジヤリ地震	Arifiye橋						4								
1999年台湾・集集地震	長庚橋							2							
	卑豊橋					3									
	烏溪橋(旧橋)							2							
	石圍橋							2							
2004年スマトラ沖大地震	(多数)													多	
2008年中国・四川地震	百花大橋					4									
	廟子坪橋						(1)	1							
	小魚洞橋					3									
	井田坝大橋					2									
	紅東大橋					不									
	迎春橋					1									
小計		0	0	0	0	16	8 (1)	3	0	0	0	2	0	0	
合計		2	0	0	0	194	20 (4)	12 (2)	3	20	0	2	0	19 (4)	
	シナリオ	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	E	
	構造形式	両端橋台単純桁				複数径間単純桁				連続(連結)桁					

( )内は、複数の被害原因による落下径間数で、主たる被害原因に計上されていることを示す。

表-3 被災シナリオごとの落橋数と落下径間数

シナリオ	被害原因	橋数			径間数		
		日本	海外	合計	日本	海外	合計
A	下部構造が倒壊	23	7	30	200	16	216
B	下部構造が大変位	6	4	10	15	9	24
C	上部構造の橋軸方向への変位	7	3	10	11	5	16
D	上部構造の直角方向への変位	5	0	5	7	0	7
E	津波	14	0	14	19	0	19

注1) スマトラ沖地震の津波による被害は除く。

注2) 被害原因が2つ以上の場合は、いずれにも計上した。

表-4 関東地震以降の我が国の被害地震による落橋事例と構造特性の関係

地震	落橋数	構造特性（径間数）		
		両端に橋台を有する単純桁橋	複数径間を有する単純げた橋	連続桁橋
1923年関東地震	6橋	(1)	2 (35)	----
1946年南海地震	1橋	----	6	----
1948年福井地震	7橋	----	(116)	----
1955年二ツ井地震	1橋	----	3	----
1946年新潟地震	4橋	----	6 (1)	----
1978年宮城県沖地震	1橋	----	1	----
1995年兵庫県南部地震	12橋	----	6 (26)	4 (17)
2000年鳥取県西部地震	1橋	(1)	----	----
2009年岩手・宮城内陸地震	1橋	----	----	(3)
合計	34橋	(2)	24 (178)	4 (20)

注) シナリオB, C, Dによる落下径間数を示す。括弧内はシナリオAによる落下径間数を示す。

ただし、シナリオB, C, DとあわせてシナリオAも原因のひとつと思われる場合には双方に計上している。

表-5 兵庫県南部地震における落下径間数

橋梁名	落下径間	
	参考文献(2)	本研究
門戸高架橋	1	1
岩屋高架橋	15	15
瓦木西高架橋	3	2
甲子園高潮町西	2	2
浜脇町札場	2	2
市庭町建石交差点	—	2
東灘区深江本町	18	18
中央区波止場町	2	2
湊川ランプ橋東入G3	1	1
湊川ランプ橋西出G4	1	1
西宮港大橋A° B-子橋	1	1
新港第4突堤B° トクミルランプ	0	2
合計	46	49

### 3 . 落橋防止システムの要求性能

道路橋示方書に示される落橋防止システムは、主として桁かかり長と落橋防止構造から構成される。本システムは、基本的には支承が破壊した場合に生じる上下部構造間もしくは上部構造間の大きな相対変位に対応するために設置されており、こうした特性から考えると、下部構造が倒壊する場合（シナリオA）による桁の落下を防ぐことは困難と考えられる。こうした被災形態を防ぐためには、当然のことながら下部構造の耐震性能を向上することが重要である。また、橋台や橋脚が設置される周辺地盤の崩壊による落橋に対しても、落橋防止システム等の現状の技術で構造的に対応することは困難であり、路線計画段階における十分な検討が必要である。

下部構造もしくは上部構造に大きな変位が生じて、上下部構造間もしくは上部構造間の相対変位が大きくなる場合（シナリオB～D）には、十分な桁かかり長を確保することや落橋防止構造により隣接する上部構造間もしくは上下部構造間を連結することにより、桁の落下を防止することが可能と考えられる。落橋防止システムはこうした被害を防ぐことを想定としており、これをもとに合理的に桁かかり長や落橋防止構造の設計耐力、設計遊間量を設定することが重要である。

## 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，1996.
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2002.
- 3) 関西ライフライン研究会：明治以降関西地域の地震と被害，1995.
- 4) 明治29年愛知県震災報告：震災予防調査会報告2巻，1894.
- 5) 岐阜三重両県土木工事震害及復旧工事報告：震災予防調査報告3巻，1894.
- 6) (社)土木学会：大正12年関東地震震害調査報告書（第3巻）(復刻版)，1984.
- 7) (社)土木学会：デジタルアーカイブ，土木学会ホームページ
- 8) 長谷川盟輔：高知県渡川橋震災復旧工事について，道路，1948.
- 9) 金井清他：高知県における南海地震の建物被害調査報告，高知県「南海大震災誌」付録，1949.
- 10) (社)土木学会：南海大地震災害報告，土木学会誌 Vol. 32, No. 1, 1947.
- 11) 北陸震災調査特別委員会：昭和23年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- 12) 福井県：福井大震災調査報告，1949.
- 13) 福井市：福井市広報広聴課写真帳，福井市立郷土歴史博物館ホームページ
- 14) 小寺重郎：橋の耐震設計について（その2），土木技術26巻4号，1971.
- 15) 建設省土木研究所：新潟地震調査報告，土木研究所報告No.125，1965.
- 16) 新潟地震30年事業実行委員会 / 学術技術誌編集委員会：新潟地震と防災技術，1994.
- 17) (社)土木学会新潟震災調査委員会：昭和39年新潟地震震害調査報告，1966.
- 18) (社)土木学会：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，土木学会関西支部講習会テキスト2001.
- 19) 建設省土木研究所：1978年宮城県沖地震災害調査報告，土木研究所報告No.159，1983.
- 20) (社)土木学会東北支部：1978年宮城県沖地震調査報告書，1980.
- 21) 建設省土木研究所：1983年日本海中部地震災害調査報告，土木研究所報告No.165，1985.
- 22) 建設省土木研究所：平成7年(1995年)兵庫県南部地震被害調査報告，土木研究所報告No.196，1996.
- 23) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（土木学会，地盤工学会，日本機械学会，日本建築学会，日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第1章 橋梁，土木学会，1996.
- 24) 兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会：兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書，1995.
- 25) 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌，1997.
- 26) (社)プレストレストコンクリート技術協会：岩屋高架橋（工事ニュース），プレストレストコンクリート，pp. 62，Vol.15，No.6，1973.
- 27) 川崎茂信：直轄国道の被災状況と復旧，道路 652号，(社)日本道路協会，1995.
- 28) 国土交通省：防災情報 阪神・淡路大震災の概要，兵庫国道事務所ホームページ
- 29) 神戸市港湾整備局：神戸港港湾施設復旧誌 阪神・淡路大震災をのりこえて（技術編），1998.
- 30) 建設省土木研究所：平成12年(2000年)鳥取県西部地震緊急調査報告書，土木研究所資料第3769号，2000.
- 31) 独立行政法人土木研究所：平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震被害調査報告，土木研究所資料第4120号，2008.

- 32) Unjoh, S., Tamakoshi, T., Ikuta, K. and Sakai, J.: Damage Investigation of Maturube Bridge during The 2008 Iwate-Miyagi-Nairiku Earthquake, *Proc. 41st Joint Meeting US-Japan Panel on Wind and Seismic Effect*, UJNR, Tsukuba, Japan, 2009. 5
- 33) 国土庁防災局：1994口サンゼルス近郊地震（ノースリッジ地震）の記録，1994.
- 34) 建設省土木研究所：1994年1月ノースリッジ地震被害調査速報，土木研究所資料第3272号，1994.
- 35) 川島一彦，鈴木猛康，橋本隆雄：トルコ・コジャエリ地震による交通施設の被害概要，橋梁と基礎，Vol.34, No.2, 2000.
- 36) 川島一彦・鈴木猛康・橋本隆雄：トルコ・コジャエリ地震による交通施設の被害概要，第3回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム論文集，1999.12
- 37) 川島一彦・橋本隆雄・鈴木猛康：トルコ・コジャエリ地震による土木構造物の被害，東京工業大学土木学科耐震工学研究グループReport No.TIT/EERG 99-7，1999.11
- 38) 土木学会地震工学委員会地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会：地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発（小委員会研究報告書）13章 台湾地震による被害と解析，2001.
- 39) 筑波大学・京都大学・九州工業大学他橋梁被害共同調査団：1999年橋梁被害分析中間報告書,2003.
- 40) Unjoh, S.: Damage investigation of bridges affected by Tsunami during 2004 north Sumatra Earthquake, Indonesia, *Proc. of 4th International Workshop on Seismic Design and Retrofit of Transportation Facilities*, MCEER, CD-ROM, San Francisco, CA, USA, 2006.
- 41) 高橋良和，川島一彦，呉智深，葛漢彬，張建東：中国四川地震による百花大橋及び回欄立交橋の被害，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp. 91-96，2009.
- 42) 川島一彦，高橋良和，葛漢彬，呉智深，張建東：中国四川地震による廟子坪大橋及び小魚洞橋の被害，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp. 97-104，2009.
- 43) 呉智深，葛漢彬，張建東，川島一彦，高橋良和：中国四川地震におけるアーチ橋の被害，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp. 105-110，2009.

## **参考資料．過去の大規模な地震による落橋事例集**

本資料は、表-1 に示した落橋事例の橋の詳細なデータ、被災状況をまとめたものである。被災状況の考察については、参考文献に示される内容をそのまま示すことを基本とした。

橋梁名	枇杷島橋
地震名	1891 年濃尾地震
路線・地域	名古屋
構造形式	木橋
橋長・支間長・幅員	不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	地盤変状による下部構造崩壊 シナリオ A
一般図等	

無し

## 被災状況

道路橋の被害総数は大小おおよそ 2200 箇所、総面積 11200 坪である。

長大なるものは枇杷島橋、万馬橋、明德橋、小島橋、豊橋である。これらの橋梁は、川底の地質、高低が一樣でないため、地震動により不動沈下を生じ、橋体は、波浪状の不規則なる凹凸をなして、橋柱は倒れ、橋台も崩れて墜落した。

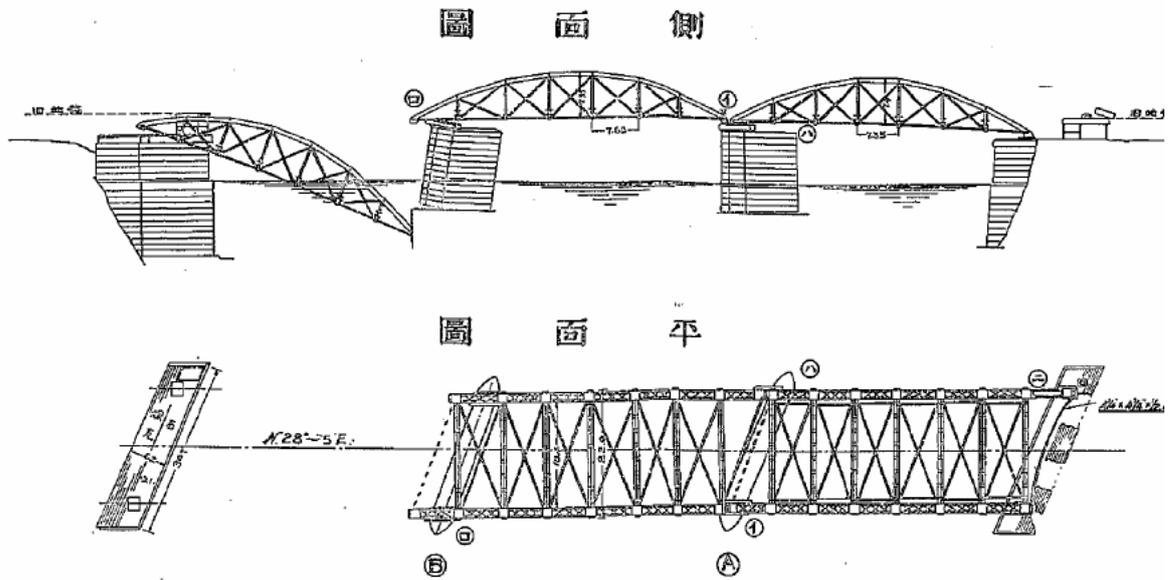
短小な橋の損害状況はほぼ同一であり、地盤が沈下し、橋体は揺れ揚げられて、地面より抜け上がっている。木曾川測量のために建てられた測点杭及び参謀本部の水準標なども同じ現象を示している。



## 主な参考文献

- ・ 関西ライフライン研究会：明治以降関西地域の地震と被害,1995.11
- ・ 明治 29 年愛知県震災報告：震災予防調査会報告 2 巻, 1894
- ・ 岐阜三重両県土木工事震害及復旧工事報告：震災予防調査会報告 3 巻,1894

橋梁名	豊国橋
地震名	1923年関東地震
路線・地域	大岡川の鳳来町・真砂町間
構造形式	ボーストリング型鋼トラス橋
橋長・支間長・幅員	橋長 48.6m 支間 15.5+16.6+15.5m 幅員 6.7m
支承形式	A1 固定 P1 可動 P2 固定 A2 可動
橋脚および基礎形式	橋台・橋脚：(石積一部煉瓦積, コンクリート中埋め) 基礎：不明
地盤	地質軟弱
竣工年度	明治30年頃, 上部構造を木鉄混用プラットトラスから架け替え
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造の変位により1径間分の桁落下 シナリオB
一般図等	

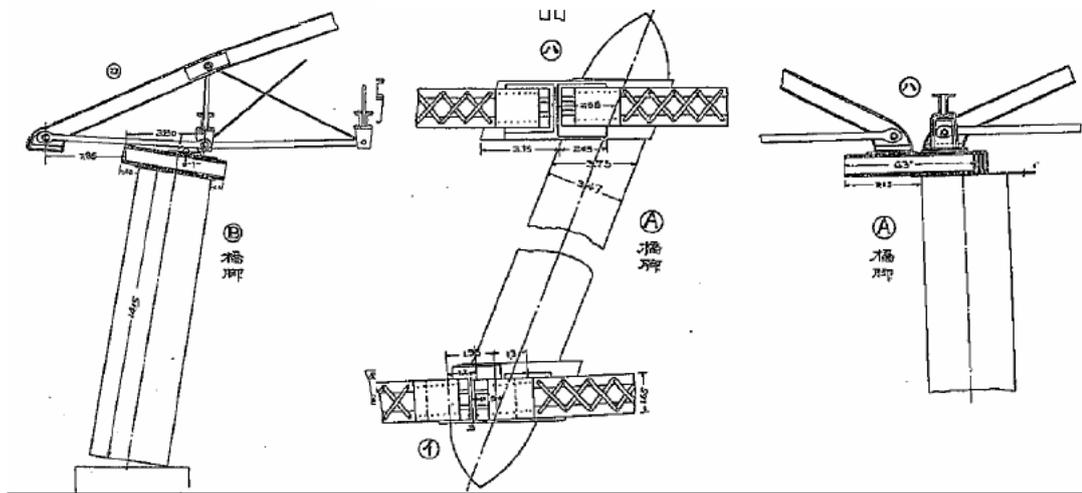


## 被災状況

橋台・橋脚は旧木トラスのものをそのまま使用し、鋼橋に対しては強度が十分でないため惨憺たる震害を被った。

橋台は何れも下部が著しく押し出されて上部は陸方に向かって傾斜し、A2 においては上部土留壁が破壊したが、その他の主体に於いては著しい亀裂は認められなかった。

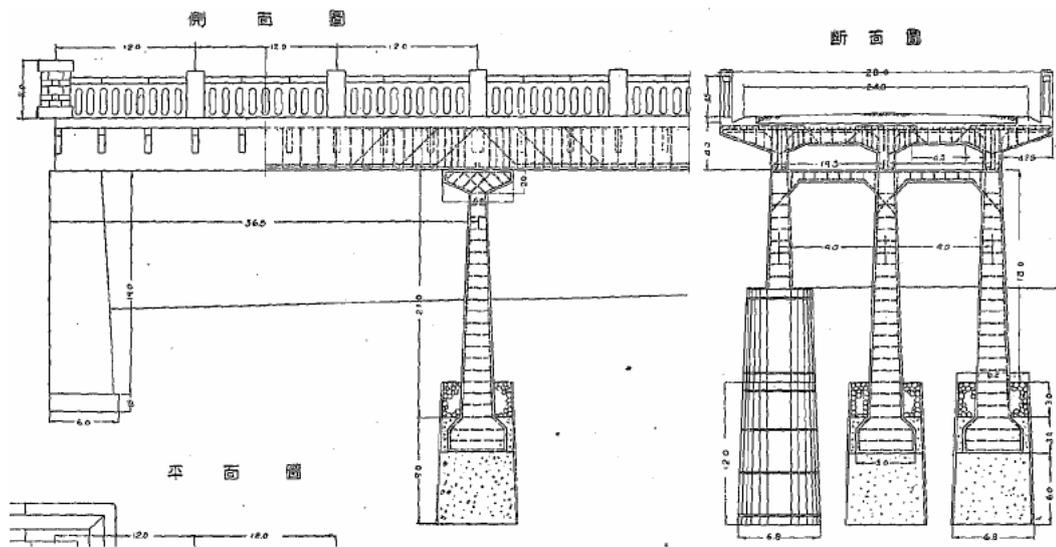
橋脚はいずれも流心に向かい傾斜したが P2 は約 2 度、P1 は約 8 度 40 分に達し、後者は上部から 4.3 m 位置において挫折しトラス桁に支えられて漸く転倒を免れた。橋台・橋脚が著しく傾斜・移動したため、橋桁も著しく移動し、P2 橋脚上の型鋼で作られた支承は橋脚より著しく滑出し、中央径間は両橋脚より外れ、僅かに支承により支持されて危なく平衡を保っている。P1 橋脚上は輾子（ローラー）のため、脚上より外れ、A1 側の径間は河中に墜落した。



## 主な参考文献

- ・ 土木学会：大正 12 年関東地震震害調査報告(第 3 卷),1924.1(1984.9 復刻)
- ・ (社)土木学会：デジタルアーカイブ，土木学会ホームページ

橋梁名	酒匂橋
地震名	1923年関東地震
路線・地域	国道一号線，酒匂川，神奈川県足柄下郡酒匂村
構造形式	鉄筋コンクリートT形桁（単純桁33連）
橋長・支間長・幅員	橋長 363.6m 支間 33@10.9m 幅員 7.3m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：鉄筋コンクリートラーメン橋脚 基礎：井筒基礎
地盤	地質軟弱
竣工年度	大正12年7月
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	橋脚の破壊により落橋 シナリオA
一般図等	



## 被災状況

本橋の震害は道路橋中最も甚だしいものであり、馬入川鉄道橋に匹敵する。橋脚はことごとく破折倒伏し橋桁は全て河床に墜落したため、その被害の経路理由を述べるのが困難である。橋桁の重量極めて大きいにもかかわらず、橋脚の強度がそれにもなわなかった。先ず激烈な震動によって強大な水平力が作用し、同時に桁止端の移動により橋柱に偏心モーメントも作用した。これにより、先ず柱の挫折或いは水平連結桁の破折を生じて、桁が墜落した。目撃者によれば、左岸すなわち国府津側から順次墜落したという。ある桁の一端が先ず墜落しこれによって、他端の橋脚に強大なる衝撃を及ぼしてこれを破壊し、次いで第二桁が墜落し、遂に全長の墜落に至ったと推察される。

桁の止端が先ず多大な移動をした後墜落したことは橋脚或いは支点の原位置から 1.5~1.8m離れた位置において床版を突き破り路面上に直立している状況によってほぼ推測することができる。橋台は震害やや軽く右岸よりのものは袖石垣との間に大なる亀裂を生じ左岸のものは上部の土留壁破折するも、その主体は多少の傾斜をしたものの著しい損害はない。

寫真 第三十三



神奈川県足柄下郡 酒匂橋震害状況 (其二) (橋脚)

寫真 第三十二



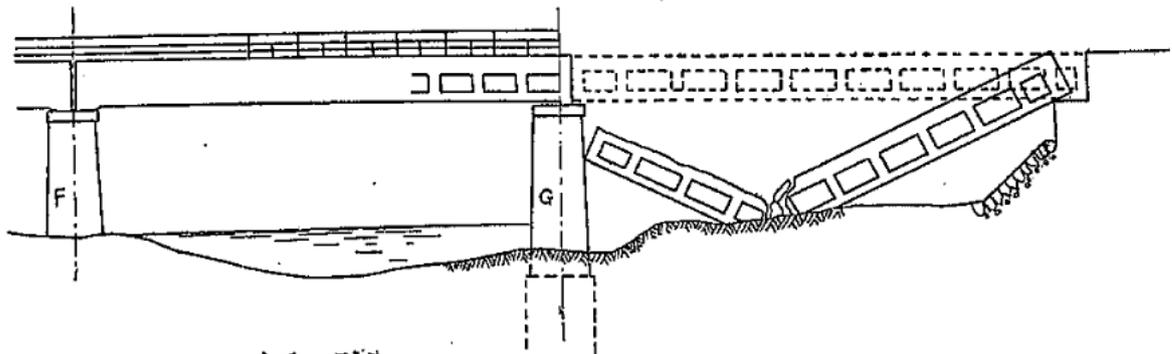
神奈川県足柄下郡 酒匂橋震害状況 (其一) (橋台)

## 主な参考文献

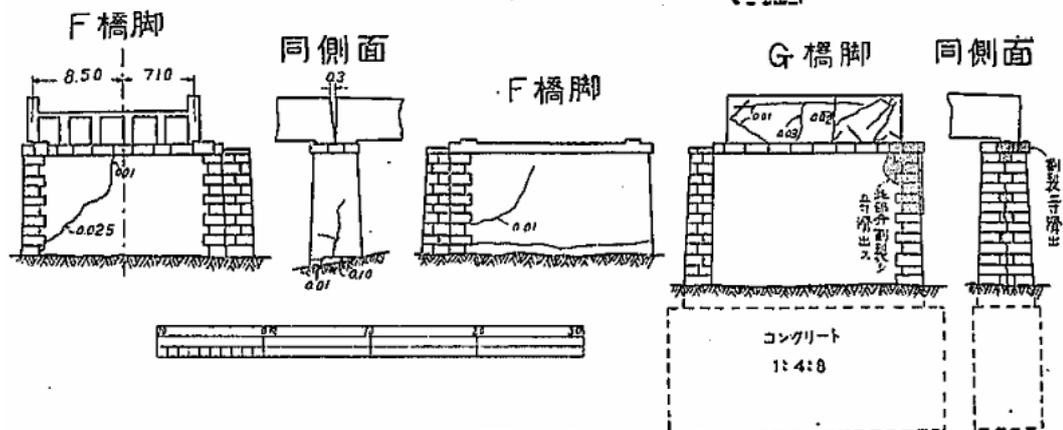
- ・ 土木学会：大正 12 年関東地震震害調査報告(第 3 巻),1924.1(1984.9 復刻)
- ・ (社)土木学会：デジタルアーカイブ，土木学会ホームページ

橋梁名	早川橋
地震名	1923年関東地震
路線・地域	県道小田原湯河原線，早川，神奈川県足柄下郡早川村地先
構造形式	鉄筋コンクリートT形桁
橋長・支間長・幅員	橋長 81.8m 支間 6@13.6m 幅員 5.0m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：玉石混コンクリート橋脚（外側は相州堅石積み）基礎：井筒基礎
地盤	砂礫層
竣工年度	大正6年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	上部構造の変位，あるいは橋脚変位 シナリオC
一般図等	

側面圖



橋脚



## 被災状況

南岸すなわち早川寄りの3径間は高さ3.6mの重力混合機を使用し厳寒期に打設したが、供用開始直後に南端の桁に亀裂を生じ多少の恒久的撓みを生じたためセメント液を注入して修理を施してあった。

本橋は鉄筋コンクリート桁としては本邦希有の長径間であり、自重も大で橋軸方向はほぼ地震の主要動と平行しているため橋脚橋台等に多大の水平力が作用した。橋桁は全部多少横すなわち東方に移動し更に一体に南方に移動した。強大なる上下動を伴う縦波震動が東南の方向より襲来したことが想像される。ことに南側の桁は前記修理部において挫折して橋台と橋脚の間に墜落し、その勢いによって強く橋脚を北方に押し傾けたようだ。

南岸寄りの桁が墜落したのは、上下動の強烈であったことによるものと思われ、北岸の橋台の隅石が欠潰しその下部の石積みに大きな亀裂を生じ、橋脚は中央のものを除き何れも下流側において破損し、南岸寄りの2基が最も激しく石積みに大なる亀裂を生じ、一部欠潰している。桁の撓み、橋脚の縦亀裂及び欠潰は上下動が極めて激烈であったことを想像させる。ことに、南岸寄りの橋脚上においては、桁端は南方に50cm移動し、南側の桁は前記修理部において挫折して橋台と橋脚との間に墜落し、その勢いをもって強く橋脚を北方へ押し傾けたようである。

注)

以上が参考文献に示される記述であるが、桁が折れたのは落下の衝撃によるものと考えられるため、落橋シナリオとしては、C：上部構造の大変位に分類した。

## 寫真 第三十八



神奈川県足柄下郡 早川橋震害状況(其一)(南側桁)

## 主な参考文献

- ・ 土木学会：大正12年関東地震震害調査報告(第3巻),1924.1(1984.9復刻)
- ・ (社)土木学会：デジタルアーカイブ,土木学会ホームページ

橋梁名	神戸橋
地震名	1923 年関東地震
路線・地域	県道片瀬鎌倉線，腰越村地内
構造形式	鉄筋コンクリート T 形桁
橋長・支間長・幅員	橋長 14.5m 支間 2@6.7m 幅員 4.8m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：鉄筋コンクリート橋脚 基礎：井筒基礎
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	橋脚の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	

無し

被災状況	
------	--

橋桁は鉄筋コンクリート桁で高さ 0.52m 厚さ 0.3m のもの 4 本を並列しその上に厚さ 0.15m の床版があり、その上面に厚さ 0.3m の上置土がある。橋台は鎌倉石空積で地上高 1.5m ある。上部工の重量は過大であり、橋脚は鉄筋コンクリートであったが、強大なる水平力によって挫折したため、両側の桁はいずれも墜落し、その下腹部に多数の小亀裂を生じた。橋台は両岸とも下部押し出され、頂部は桁の為に支えられたことによって、中腹においてはらみだし、東岸のものは一部崩潰した。

主な参考文献	
--------	--

- ・ 土木学会：大正 12 年関東地震震害調査報告(第 3 巻),1924.1(1984.9 復刻)

橋梁名	谷戸橋
地震名	関東地震
路線・地域	谷戸坂～水町通り 為堀川
構造形式	平行弦プラットラス，ポニー式
橋長・支間長・幅員	橋長 25.5m 支間 25.5m 幅員 6.4m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋台：切石積橋台 基礎：不明
地盤	川床下は土丹
竣工年度	明治 21 年頃
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	橋台の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	

無し

## 被災状況

橋台は切石積で、裏面には多少のコンクリートを施しているようだが、付近の護岸とその構造は大差ない。

地質は本牧丘陵の直下に位置しているため、河床下に土丹岩の盤があり、この盤をはつり均し、その上に橋台を積み上げているようである。

本橋の被害は主として橋台の震害であり、右岸においては殆ど原形を止めないまでに崩潰したことにより、鋼トラス端の墜落を来した。そのため、第一格間上流側の下弦材は石材片に衝突し、中央が 10 c m 屈曲している。

## 寫眞 第二十二



横濱市 谷戸橋被害直後の状況を南岸下流より望む

## 主な参考文献

- ・ 土木学会：大正 12 年関東地震震害調査報告(第 3 巻),1924.1(1984.9 復刻)
- ・ (社)土木学会：デジタルアーカイブ，土木学会ホームページ

橋梁名	木賀橋
地震名	1923 年関東地震
路線・地域	国道，箱根宮城野村内の溪川
構造形式	木造類杖橋
橋長・支間長・幅員	橋長 10.9m 支間 不明 幅員 不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	斜面崩落による橋脚破壊 シナリオ A
一般図等	

無し

被災状況

右側山腹の崩壊によって、強大な力によって左方に押され頬杖結合点を破壊され、著しい変形をした。

寫真 第三十一

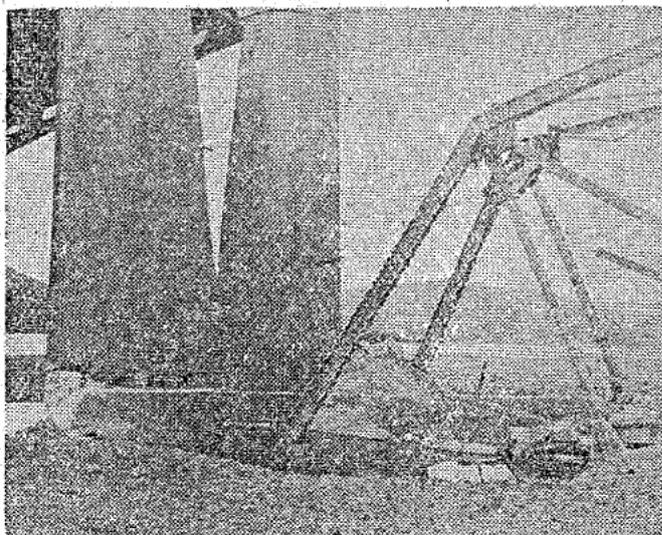


箱根宮城野村 木賀橋被害状況

主な参考文献

- ・ 土木学会：大正 12 年関東地震震害調査報告(第 3 巻),1924.1(1984.9 復刻)
- ・ (社)土木学会：デジタルアーカイブ，土木学会ホームページ

橋梁名	渡川橋（四万十川橋）
地震名	1946年南海地震
路線・地域	県道中村宿毛線，四万十川，高知県中村町地先
構造形式	鋼曲弦ワーレントラス橋8連 鉄筋コンクリートT形桁6連
橋長・支間長・幅員	橋長 507.2m 支間 24.24+6@54.85+54.24+6@11.6m 幅員 6.4m
支承形式	鉄沓
橋脚および基礎形式	橋脚：2柱式鉄筋コンクリート中空円形橋脚 基礎：円形井筒基礎
地盤	地盤は軟弱
竣工年度	大正15年（鋼トラス橋） 昭和10年以降（RC桁）
適用示方書・設計水平震度	大正12年設計（鋼トラス橋），土木試験所標準設計（RC桁）
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	地盤変状による橋脚移動 シナリオB
一般図等	



橋脚

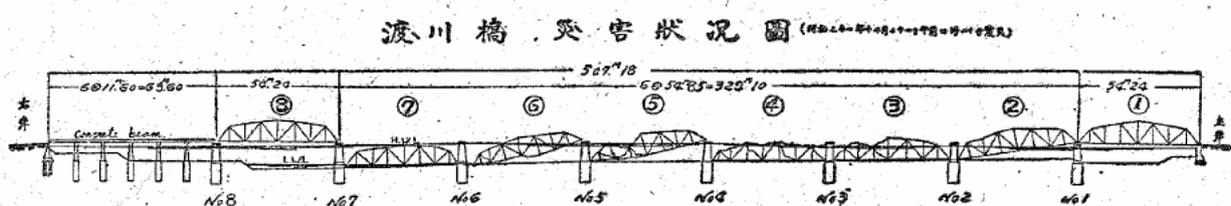
形式 : 2柱式中空RC円柱

高さ : 10m

上端直径 : 0.7m

下端直径 : 1.0m

柱の間隔 : 2.0m



## 被災状況

地震発生と同時に鋼トラス橋 8 連中、第 1, 8 径間の二連は可動端が下流側に約 80 c m 水平移動し、漸くにして墜落を免れたが、第 3, 4, 6 径間の三連は固定端のアンカーボルトが切断しなかったため、可動端側が河床に落下傾斜し、その一端が破壊した。右岸側高水敷にある RC 桁 6 連の内の一連の一端は約 10 c m 水平移動を生じた。

橋脚の被害は鋼トラス橋の分 8 基中第 2, 4, 5 の 3 基の下部が折損大破したが、その他の 5 基は下部に僅かな亀裂を生じ、RC 桁橋の内 5 基は、下部、中部、上部にそれぞれ相当の亀裂を生じ、両橋台はほとんど無被害の状態であった。

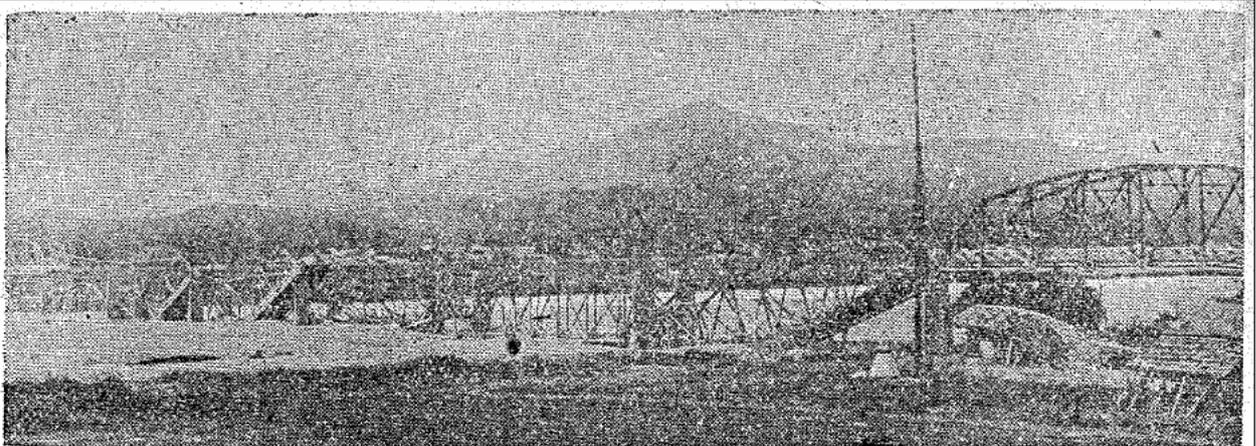
### 金井清所見

①地盤が軟弱で振動が強かった。②2 柱式の基礎と橋脚がいずれも連結されていない。③鋼トラスを受ける鉄沓は地震時の横振動止め設備がなかった。④振動方向が横振動であったこと。

1 径間の橋梁の自由端が橋脚からすべり落ち、その自重で固定端の橋脚を引き付けるので、次の径間の自由端が落下するということが続いたと考えられる。最初の橋脚の自由端が落ちた原因は橋脚の純粋振動を考えにくい。橋脚の振動が大きかったとすると、周辺家屋の屋根瓦が安全であることの説明が困難であり、地盤の影響を考慮しなければならない。

### 福岡正己所見

先ず上下動によって滑動端が浮き上がり気味になっているところを横振動を受け、固定端を軸とした水平方向のねじり作用が働き、これとともに横倒しの力が働いた・結局固定端の沓には上下動による上方への引抜き、水平方向のねじり、横倒しの三力が同時に作用したために破壊し、次に自由端で横に滑って橋台から落下したものと思われる。橋脚の振動のため振り落とされたと考えるのは妥当でない。



## 主な参考文献

- ・ 長谷川盟輔：高知県渡川橋震災復旧工事について，道路，1948.8
- ・ 金井清他：高知県における南海地震の建物被害調査報告，高知県「南海大震災誌」付録，1949.12
- ・ 土木学会：南海大地震災害報告，土木学会誌第 32 巻第 1 号，1947.8

橋梁名	厄除橋
地震名	1946年南海地震
路線・地域	日和佐川河口の日和佐港，徳島県
構造形式	ハウ型木トラス橋
橋長・支間長・幅員	橋長 不明 支間 5@15m 幅員 不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波によって遡上した船の衝突 シナリオ E
一般図等	

無し

#### 被災状況

船の激突により，5連の内，右岸の一径間を残して全部流失した。

徳島県内では，由岐港道路橋は鉄筋コンクリート道路橋であるが，津波により橋裏込土が洗屈され，その後舟の激突によって転落破壊した。

丈夫な橋は津波だけでは簡単に破損流失しないものであるとゆう例として，大川橋がある。この橋は牟伎港橋内に架設された鋼I型単純桁で5径間からなる。外海から押し寄せた津波は次第に高度を増して橋上を乗り越えたが，舟は津波に乗ってはるか橋の上方を通過したために全然被害はなかった。

#### 主な参考文献

- ・ 土木学会：南海大地震災害報告，土木学会誌第32巻第1号，1947.8

橋梁名	会津橋
地震名	1946年南海地震
路線・地域	国道，会津川，和歌山県田辺市西部
構造形式	鋼I型桁（鉄筋コンクリート床版）
橋長・支間長・幅員	橋長 112m 径間 10m 幅員 4m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋台：間知石積 橋脚：鉄筋コンクリート角柱 基礎：井筒
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波による橋脚折損 シナリオ E
一般図等	

無し

被災状況

被害は田辺市側より第 2 橋脚が鉄筋井筒の接手より折損，脱落沈下し，上流側 75 c m 下流側 50 c m の床版沈下をきたし，傾斜面を生じている。橋台は全然被害なく，床版も亀裂を生じていない。

原因は破壊橋脚の前面にある防衝杭のみが折損して倒れている点から見て，津波の引く際に漂流船舶が猛烈な勢いで流下して防衝杭を折り，更に余勢をかつて橋脚に突き当たり，その衝撃で折損したものと推定される。

主な参考文献

- ・ 土木学会：南海大地震災害報告，土木学会誌第 32 巻第 1 号，1947.8

橋梁名	周参見橋
地震名	1946 年南海地震
路線・地域	周参見川，和歌山県周参見町内
構造形式	鋼 I 型桁（鉄筋コンクリート床版）
橋長・支間長・幅員	橋長 62m 幅員 4m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：木造橋脚
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波 シナリオ E
一般図等	

無し

#### 被災状況

被害は津波の際に漂流船舶が突き当たり、木造橋脚が全部倒壊したものである。橋台は全然被害を認めないので、地震による被害はなかったものと推定される。

上部構造を永久構造としたのは、かつて津波を受けた経験を有するためと思われるが、経済的事情が許せば鉄筋コンクリート橋脚を使用したいところであった。

#### 主な参考文献

- ・ 長谷川盟輔：高知県渡川橋震災復旧工事について，道路，1948.8
- ・ 金井清他：高知県における南海地震の建物被害調査報告，高知県「南海大震災誌」付録，1949.12
- ・ 土木学会：南海大地震災害報告，土木学会誌第 32 巻第 1 号，1947.8

橋梁名	平松橋
地震名	南海地震
路線・地域	大間川，和歌山県周参見町内
構造形式	鋼 I 型桁土橋
橋長・支間長・幅員	橋長 31m 径間 10m 幅員 3m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：鉄筋コンクリート角柱
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波による落橋 シナリオ E
一般図等	

無し

#### 被災状況

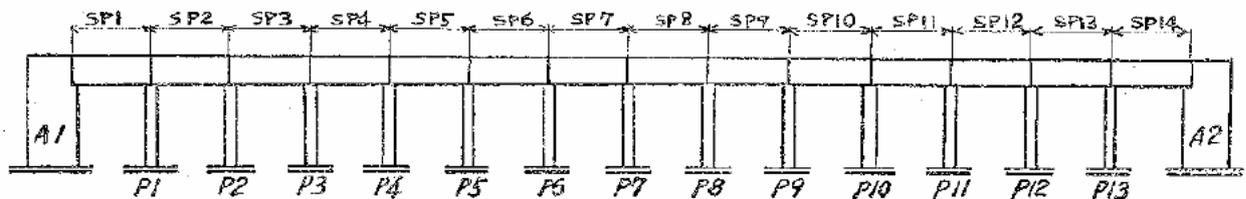
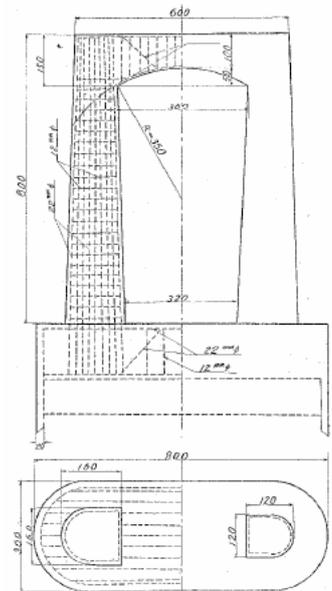
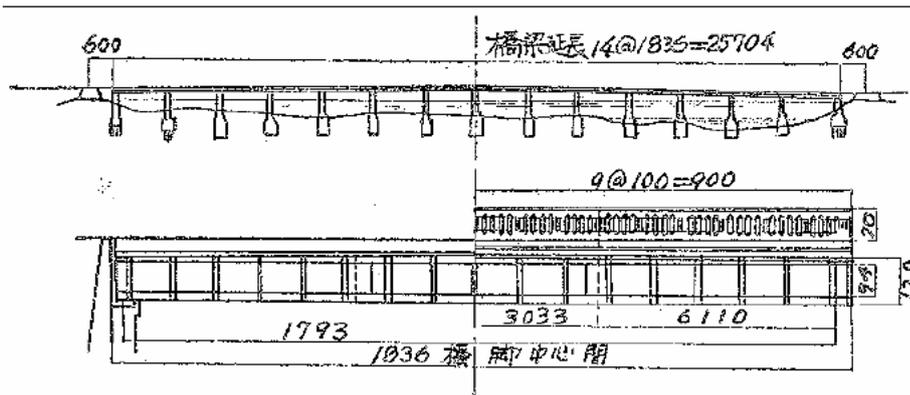
津波による漂流船舶の突き当たりにより橋脚が折損流失した。橋脚構造は会津橋と同様，主鉄筋(20mm)4本を60cm間隔に結束した鉄筋コンクリート柱で，鉄筋が基礎コンクリート円柱より分離して上流側に倒壊し，基礎コンクリート柱は全然形を止めない状況であり，津波の収まった後，その位置を1m掘り起こして見たがその跡を見いだせなかった。

その他国道41号線の橋梁被害状況としては，木橋で流失したものは，湊橋・朝来帰橋・江須早川橋・宮田橋・古座橋・古東橋，鋼I型桁橋では印南橋・安指橋，鉄筋コンクリートT型橋では田並橋がある。

#### 主な参考文献

- ・ 土木学会：南海大地震災害報告，土木学会誌第32巻第1号，1947.8

橋梁名	中角橋
地震名	1948年福井地震
路線・地域	県道福井加賀吉崎線，九頭竜川，福井県吉田郡河合村中角
構造形式	鋼桁橋（三等橋）
橋長・支間長・幅員	橋長 257.0m 支間 14@18.36m 有効幅員 5.5m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	RC ラーメン橋脚 楕円形井筒及び杭基礎
地盤	柔らかな砂
竣工年度	昭和6～7年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造崩壊 シナリオ A
一般図等	



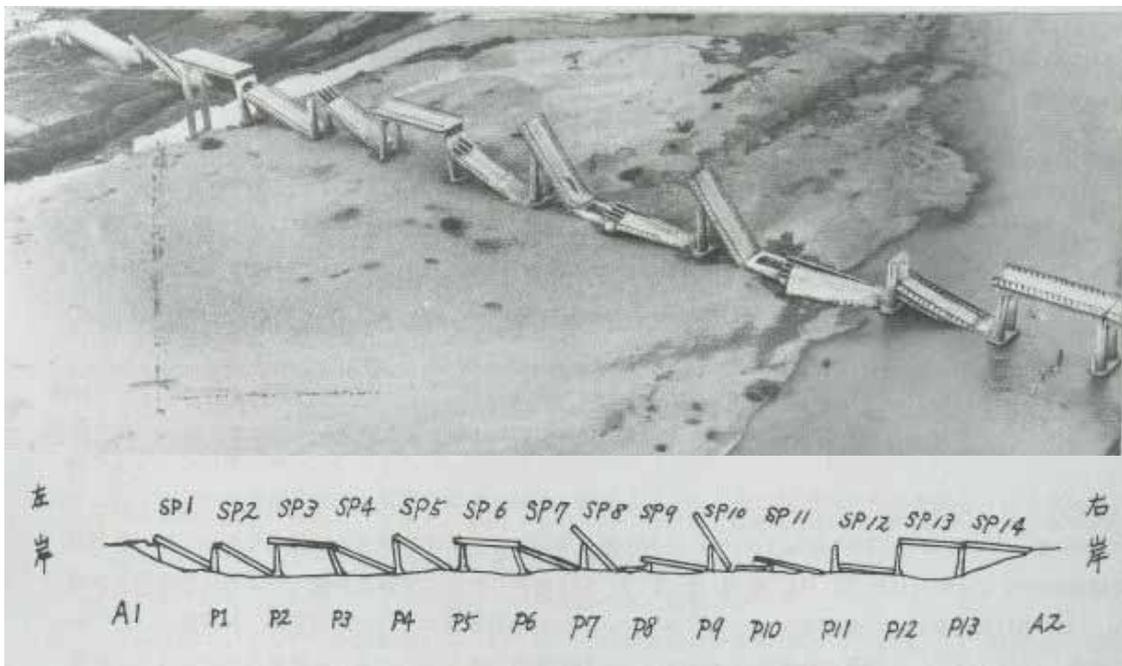
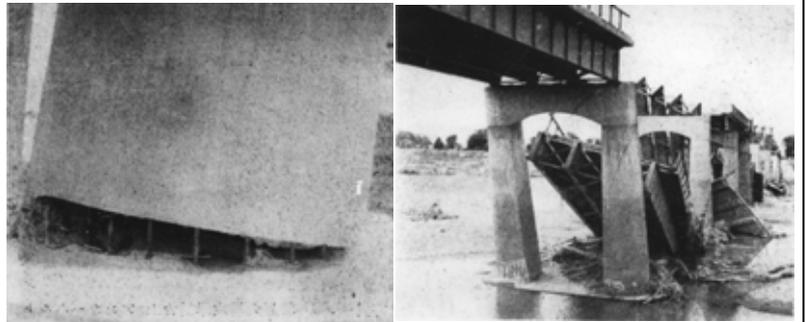
## 被災状況

SP3,SP6,SP13 以外の 11 連の桁が一端或いは桁全体が河中へ落下した。上部構造の落下は下部構造の破壊に基づくものであり、下が砂で柔らかであったためと主桁端横部がしっかりしていたため、主桁に大きな損傷はなかった。

橋台は A2 が完全に前方に倒壊しており、A1 はパラペット取付部に水平亀裂が発生している。橋脚では、P8,P10 が井筒前面の上詰コンクリートと共にシャフト部が左岸寄りに転倒している。これは井筒と躯体との定着が不十分であったために生じた。上記橋脚を除く P3 ~ P13 では、桁が転落する際左岸側に押されたため躯体が大きく左岸側に傾斜し、井筒とシャフトとの取付部におおきな口をあき鉄筋が露出している。また井筒も左岸側に傾斜している。P1 は殆ど損傷を受けておらず、P2 も井筒とシャフトの取付部付近に亀裂がある程度で被害は軽微である。

この橋梁の橋脚の欠点として次があげられる。

- 橋脚躯体のラーメンとしての配筋が十分でない。
- 躯体と井筒のつなぎが十分でない。
- 根入れに関して疑問の点がある。
- コンクリートの強度が十分でない。



## 主な参考文献

- ・ 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950。
- ・ 福井県：福井大震災調査報告，1949。
- ・ (社)土木学会：土木貴重写真コレクション，土木学会ホームページ
- ・ 福井市立郷土歴史博物館ホームページ：福井市広報広聴課写真帳

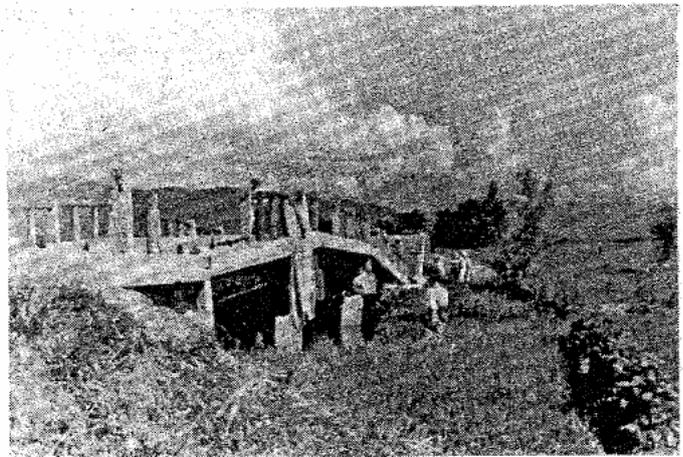
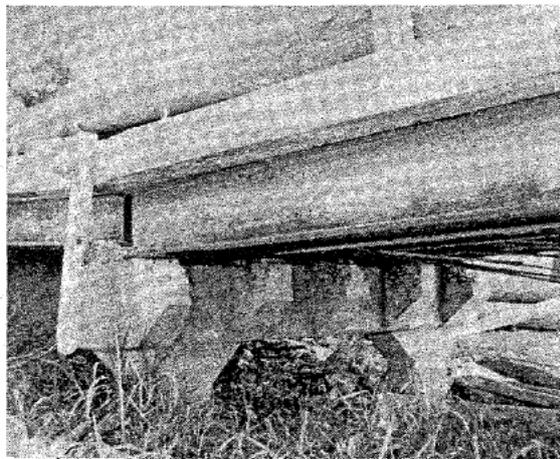
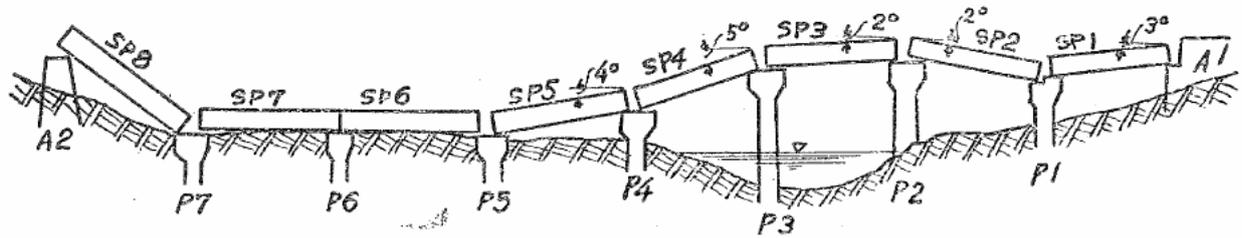
橋梁名	長屋橋
地震名	1948 年福井地震
路線・地域	県道勝山三国港線，十郷用水路，福井県坂井郡東十郷村
構造形式	鋼 I 桁橋
橋長・支間長・幅員	橋長 58.5m 支間 4@6.0+3@9.5+6.0m 有効幅員 4.0m
支承形式	鋼板 2 枚重ね Sliding 式のもの
橋脚および基礎形式	RC ラーメン橋脚 基礎形式不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造沈下 シナリオ A
一般図等	
<p>床版：鉄筋コンクリート造厚さ 15 c m上に 5 c mの土砂を置き，土橋としている。</p>	

## 被災状況

地震力により P7,P6,P5 は沈下または大傾斜を生じ、SP7,SP6 は完全に洪水敷上に転落している。また P4,P2,P1 にも相当の沈下を生じ橋面勾配が甚だしく乱れている。また、橋脚はラーメン型であるが上梁と柱との隅角が完全なラーメンコーナーとしての構造になっていないため、振動により損傷を生じコンクリートの大剥落を生じている。又橋脚の中間桁を受けるための枕梁には大亀裂を発生している。

橋台については、A1 には大した異常は認められないが、A2 は前面壁が内側に傾斜し、SP8 がその上に約 1.8m つかけている。

この付近は震央に近く地形変動の認められる箇所であり、本橋梁架設地点付近は全体的に見て土地に縮みが起こっている場所のように見受けられる。



## 主な参考文献

- ・ 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- ・ 福井県：福井大震災調査報告，1949.
- ・ (社) 土木学会：土木貴重写真コレクション，土木学会ホームページ

橋梁名	港橋
地震名	1948 年福井地震
路線・地域	県道腰廻三国線，竹田川，福井県坂井郡三国町内
構造形式	木造土橋
橋長・支間長・幅員	橋長 63.7m 支間 7@9.1m 有効幅員 3.5m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：鑄鉄管を用い中にコンクリートを詰めたもの 橋台：切石積
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造破壊 シナリオ A
一般図等	

無し

#### 被災状況

下部構造が転倒し全面的に上部構造が河中に転落している。この地方は海上に近く海虫の害があるので、これを防ぐため管にコンクリートを詰めたものを橋脚に用いたものであるが、これは曲げに対し抵抗力が弱いために、地震力により彎折転倒し、この被害を惹起したものと推定される。

#### 主な参考文献

- ・ 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- ・ 福井県：福井大震災調査報告，1949.



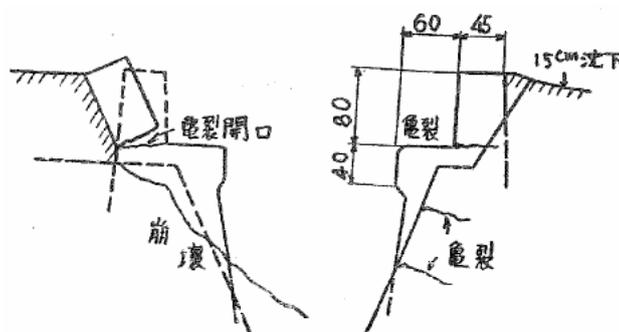
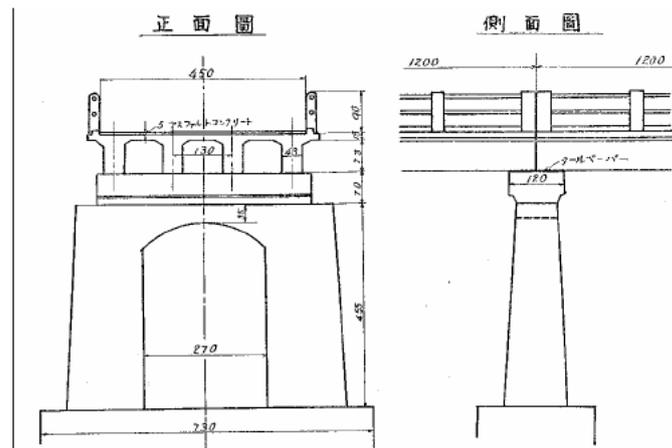
#### 被災状況

本橋は腐朽はなはだしく福井県当局で毎年数径間ずつ架け替えをして今日にいたった。地震により左岸より 53 径間分（内径間 7mのもの 51，8.05mのもの 2）延長 373.1m区間が転落した。先ず地震力により橋脚腐朽部が彎折転倒し，その部分の径間が転落し，これが他径間に影響を及ぼし，逐次破壊が進行したものと推定される。

#### 主な参考文献

- ・ 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- ・ 福井県：福井大震災調査報告，1949.

橋梁名	板垣橋
地震名	1948年福井地震
路線・地域	県道橋立福井線，足羽川，福井市内
構造形式	鉄筋コンクリートT桁橋
橋長・支間長・幅員	橋長 156.0m 支間 13@12.0m 有効幅員 4.5m
支承形式	両端ともタールペーパーを敷いたのみ
橋脚および基礎形式	RC ラーメン橋脚 小判型井筒基礎 重力式コンクリート橋台？
地盤	砂礫
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造傾斜により桁落下 シナリオ A
一般図等	

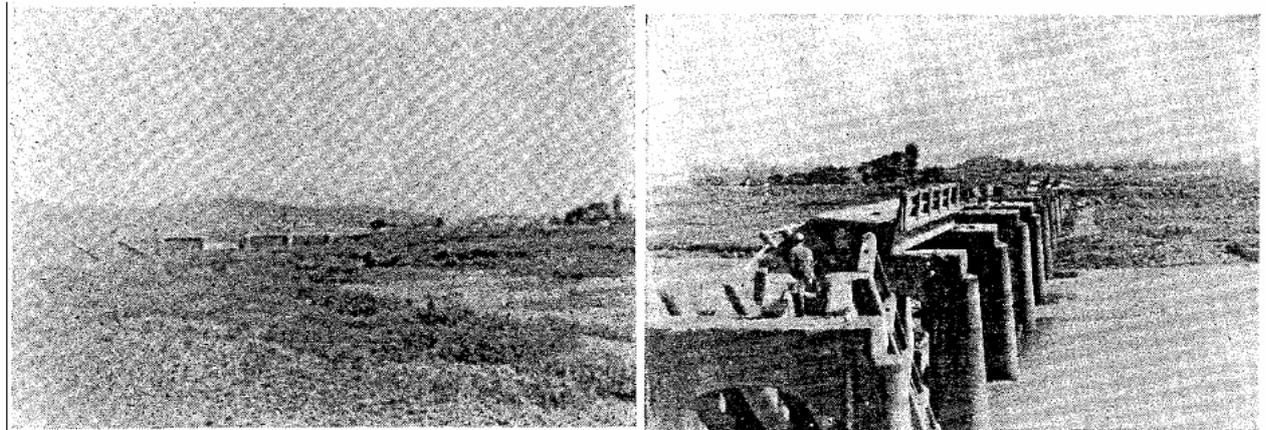
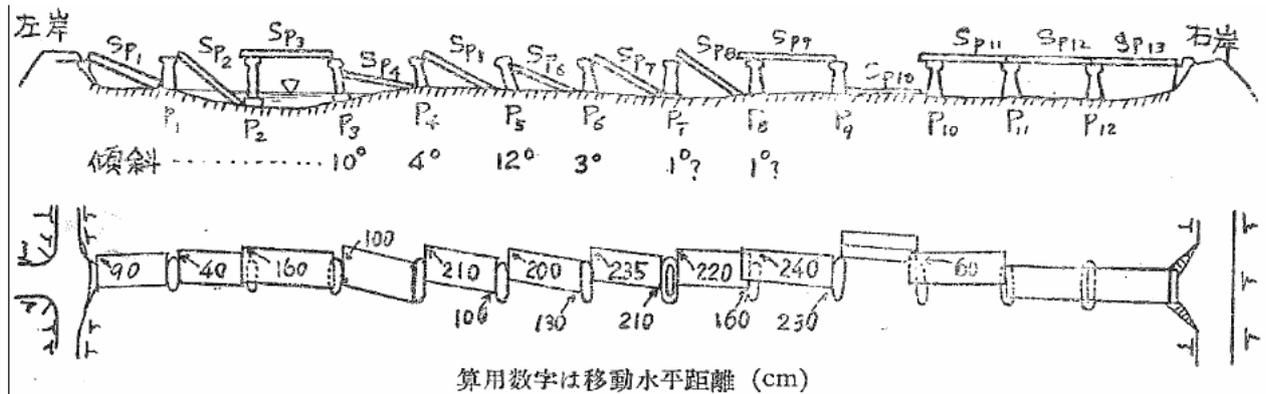


板垣橋橋台被害図

### 被災状況

橋脚が傾斜誌上部構造の大半は河中に転落し、そうでないものもクロスビームがないため構造弱く主桁は上梁を踏み外し曲げにより床版部分で破壊している。傾斜の大きな橋脚では脚柱接合部の亀裂開口、或いは井筒基礎の傾斜または折損を生じているのではないかと推定される。脚柱部は表面に上部構造が転落するときの擦り傷は認められたが、他には異常が無いようである。

橋台は、左岸橋台はパラペットが破壊、袖石垣は崩落しており右橋台はパラペット及び袖石垣に亀裂が発生している。



### 主な参考文献

- ・ 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- ・ 福井県：福井大震災調査報告，1949.

橋梁名	弁天橋
地震名	1948 年福井地震
路線・地域	町道，大聖寺川支川，石川県大聖寺町地内
構造形式	鉄筋コンクリート T 桁橋
橋長・支間長・幅員	橋長 50.3m 支間 2@6.0+3@10.0+8.3m 有効幅員 3.3m
支承形式	鋼板 2 枚重ね，Sliding 式
橋脚および基礎形式	橋脚：RC 造（脚柱 4 本建）
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造の転倒により落橋 シナリオ A
一般図等	

無し

## 被災状況

P3 が河中に転倒し、このため SP3,SP4 がそれぞれ一端を河中につっこんでいる。

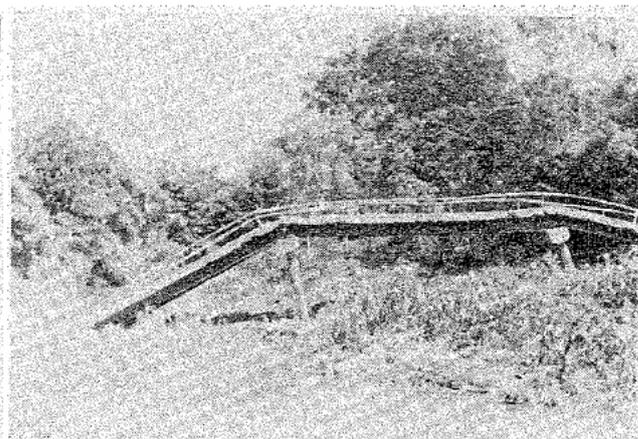
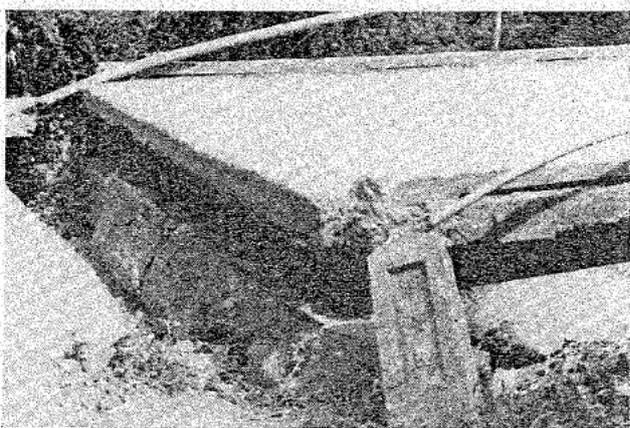
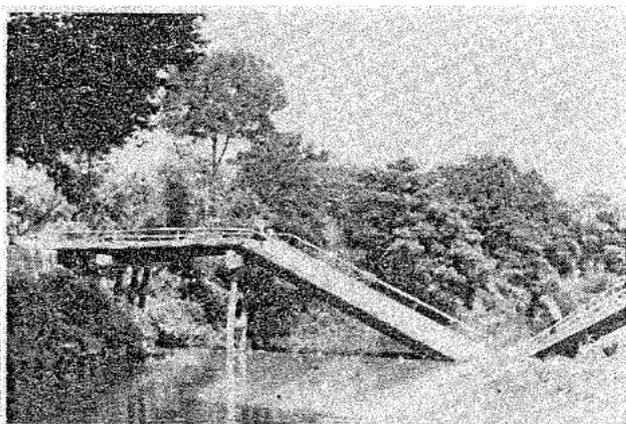
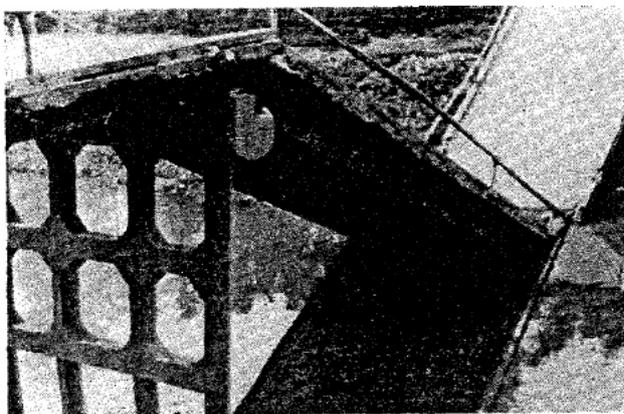
P2 は SP3 に引かれて脚柱に大きな曲げによる変形を生じている。

P4,P5 はそれぞれ左岸寄りに傾斜している。傾斜の程度は P4 では鉛直線に対し  $20^{\circ}$ 、P5 では  $30^{\circ}$  位である。

SP6 の右端支承部が橋台から外れ SP6 の支承端は転落し、A2 の正面壁に引っかかっている。

A2 の正面壁が左岸寄りに傾斜している。

橋台のパラペットが両側とも切断し河中に転落している。



## 主な参考文献

- ・ 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- ・ 福井県：福井大震災調査報告，1949.

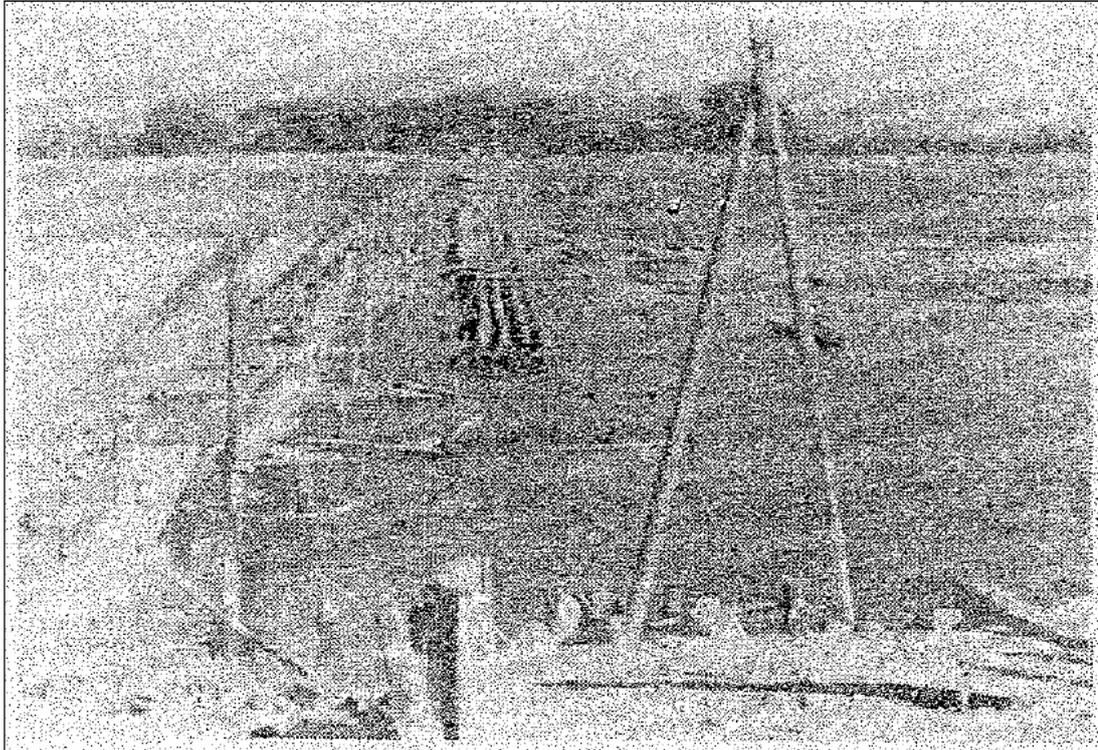
橋梁名	船橋
地震名	1948 年福井地震
路線・地域	国道 12 号線，九頭竜川，福井県吉田郡守田町地先
構造形式	木造土橋
橋長・支間長・幅員	橋長 279.0m 支間 30@9.3m 有効幅員 4.8m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：木造（脚柱 8 本建） 橋台：石積
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造崩壊 シナリオ A
一般図等	

無し

#### 被災状況

橋脚、橋桁とも相当に古く一部は腐朽が進行中であったものと推定せられ桁部はその腐朽箇所に対し丸太の添桁を施して補強した跡があった。

先ず地震力により橋脚腐朽部が彎折転倒し、その部分の径間が転落し、これが他径間に影響を及ぼし、逐次破壊が進行し、遂に全面的に発展したものと推定される。



#### 主な参考文献

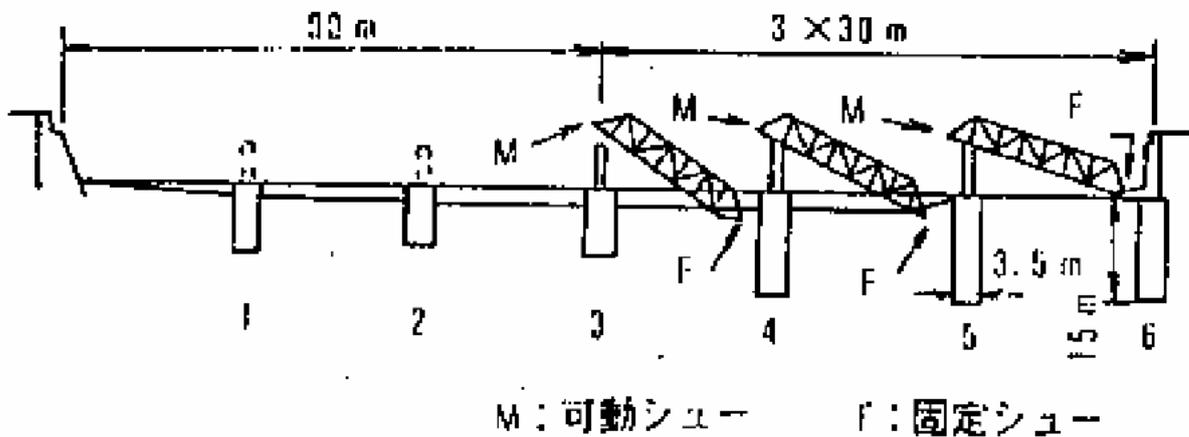
- 北陸震災調査特別委員会：昭和 23 年福井地震震害調査報告 I 土木部門，1950.
- 福井県：福井大震災調査報告，1949.

橋梁名	響橋
地震名	1955年二ツ井地震
路線・地域	秋田県
構造形式	トラス橋
橋長・支間長・幅員	橋長 180m 支間 6@30m 幅員 不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：不明 井筒基礎
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	上部構造の変位により桁落下 シナリオ C
一般図等	

無し

### 被災状況

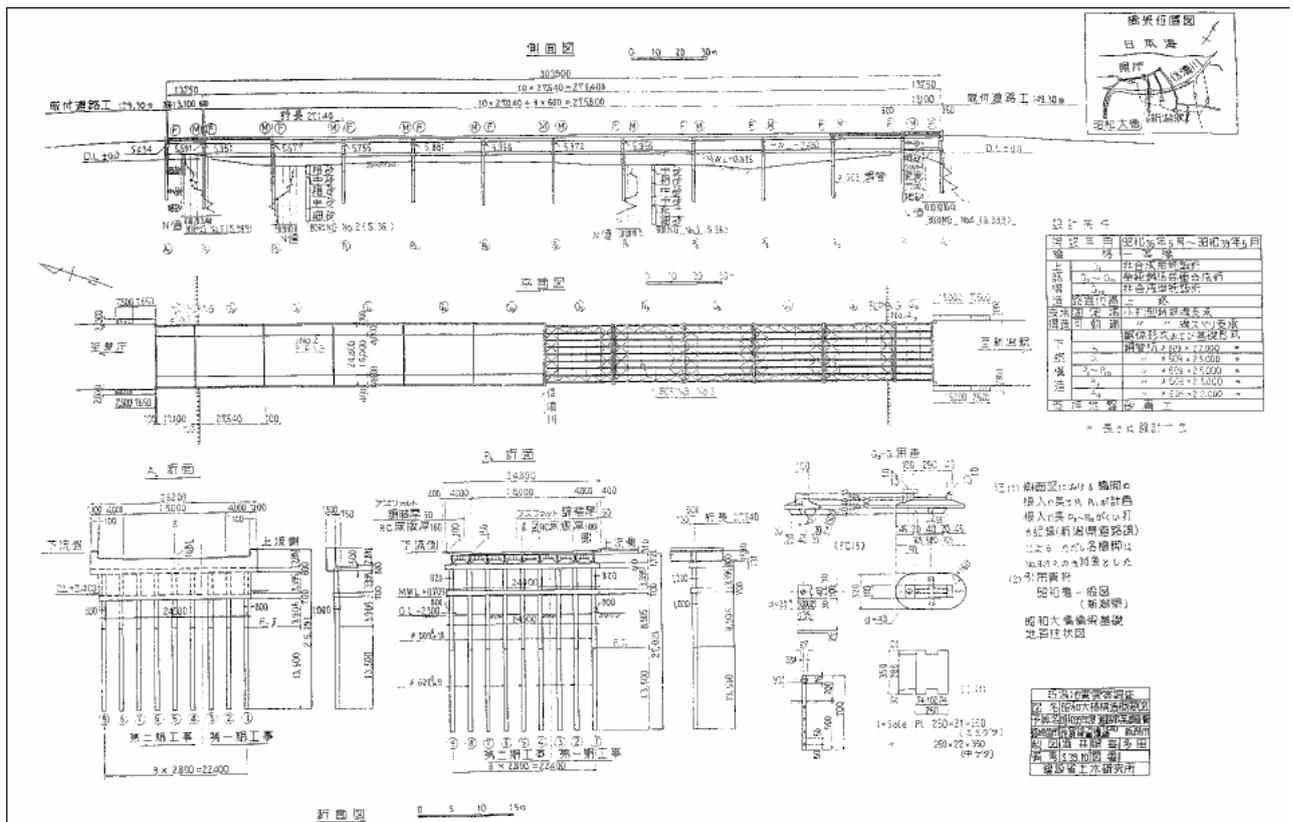
本橋は半分だけ架設された状態で地震を受け、桁はいずれも未架設の径間の方向へずれ動いて落下している。落下した固定沓は桁についたまま橋脚頂部をさいて落下したのものもあった。固定沓のアンカーボルトのかぶり厚は13cmであり、支承部付近のコンクリートの水平力に対する抵抗が十分なかったことが想像される。付近の他の橋の被害が軽かったのに、本橋だけ落橋という大被害を受けたのは、桁が一部未架設の状態で地震を受けたという特殊事情によるものと考えられ、桁が全長にわたって架設され路面も完成されていたならば、このような桁の動きは抑制されて落下をまぬがれたかもしれない。



### 主な参考文献

- ・ 小寺重郎：橋の耐震設計について（その2）,土木技術 26 卷 4 号, 1971.4

橋梁名	昭和大橋
地震名	1964年新潟地震
路線・地域	主要地方道 546 号線, 信濃川
構造形式	12 連単純鋼鈹桁 (両端径間: 非合成鋼単桁, 両端径間以外: 合成鋼単桁)
橋長・支間長・幅員	橋長 303.9m 支間 13.1+10@27.04+13.1m 有効幅員 24.0m
支承形式	F+MF+MF+MF+MF+MF+MM+FM+FM+FM+FM+FM+F F: 小判型鑄鉄線支承 M: 小判型鑄鉄線すべり支承
橋脚および基礎形式	鋼管パイルベント形式 (9 本 1 列, 直径 600mm, 長さ 22~25m)
地盤	砂質土層 25m (GL-15m までの N 値 2~約 30), 河川部 GL-12~約 15m まで液状化
竣工年度	昭和 39 年度 (1964 年度)
適用示方書・設計水平震度	適用示方書不明 設計水平震度 0.20
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	振動応答による桁落下および液状化による地盤の変位による桁落下シナリオ B, C
一般図等	



被災状況

本橋は、中央部から左岸側の5径間の桁（G3～G7）が落橋し、その他の4ヶ所の桁はいずれも可動側が橋脚から落橋した。

G6 以外の桁は、地震時に桁端がぶつかり合って下フランジやウェブが損傷したが、これらの損傷は左岸寄りに限られ、右岸寄りの桁では P9 直上の下流側の高欄が桁どうしの押し合いで変形したのみである。左岸の G1 桁の上流側は、橋台の胸壁と激しく衝突した痕跡があり下フランジとウェブに座屈変形が生じた。

支承付近の損傷は、落橋に至らなかった

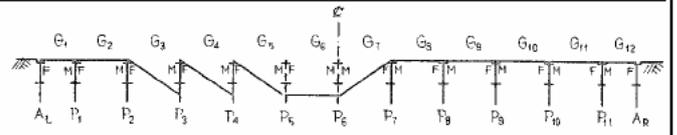
た桁の固定支承において沓座モルタルの破碎、アンカーボルトの抜け出し、支承本体の 10mm以上の浮き上がりがみられたものもあった。一方、落橋した桁の支承部は、地震動に起因したものか落橋時の衝撃か定かではないが下沓の突起や沓の横揺れ止めの突起がせん断されていたものが多い。ただし、落橋しなかった G8 桁の可動支承でも同様の損傷がみられた。

落橋に至るメカニズムは、以下のように考えられる。

- (1) G6 桁の P6 橋脚側（可動支承）が最初に振動応答によって落下し、次いで P5 橋脚側（固定支承）も落下して、G6 桁全体が水中に没した。
- (2) 他の桁は液状化にもとづく地盤の大規模な側方への永久変位の発生により落下した。



「撮影：倉西茂・高橋達夫」



Δh	上流側	25	23	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0
	下流側	12	19	—	—	—	—	—	—	-3	0	1	-2	-2
E	上流側	—	-5	-75	—	—	—	—	-85	-33	-30	-40	-17	—
	下流側	—	-11	-56	—	—	—	—	-150	-47	-35	-38	-5	—
S <sub>F</sub>	上流側	-28	0	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	16
	下流側	50	0	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	10
A <sub>m</sub>	上流側	19	90	—	—	—	—	—	—	25	20	68	—	—
	下流側	93	72	—	—	—	—	—	—	23	16	65	13	—
δ	上流側	12	0	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
	下流側	0	0	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	6

- Δh 伸縮継手位置で測った路面の高低差
- E ソールプレート中心と可動軸中心とのずれ
- S<sub>F</sub> コーキング部支承中心と固定軸中心とのずれ
- A<sub>m</sub> 可動端ソールプレート側面の沓との摩擦によるペンキのはずれ
- δ アンカーボルトの抜け出し量(固定値)

(支承付近の変状状況)

主な参考文献

- ・ 新潟地震 30 年事業実行委員会／学術技術誌編集委員会：新潟地震と防災技術，1994.6
- ・ (社) 土木学会新潟震災調査委員会：昭和 39 年新潟地震震害調査報告，1966.6
- ・ 建設省土木研究所：新潟地震調査報告，土木研究所報告第 125 号，1965.6
- ・ (社) 土木学会：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，土木学会関西支部講習会テキスト 2001.7
- ・ (社) 土木学会：デジタルアーカイブ，土木学会ホームページ

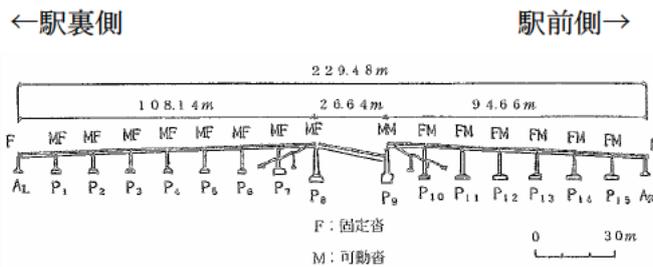


## 被災状況

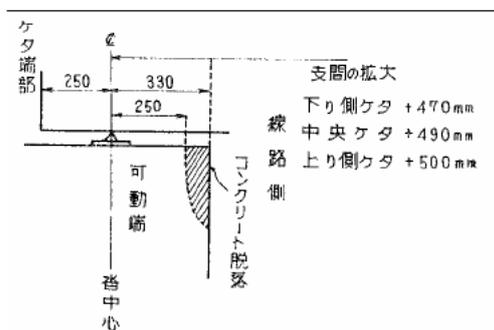
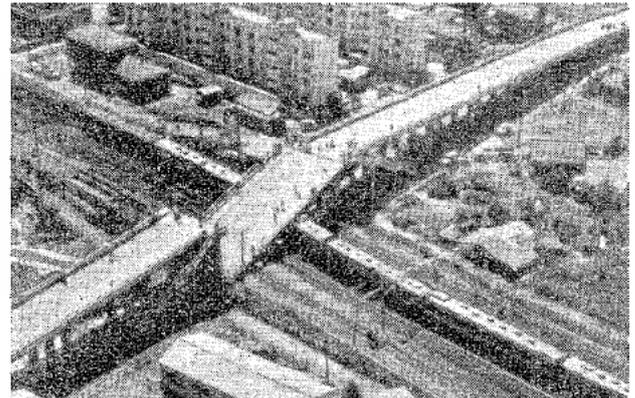
本橋は、軌道を跨ぐ主径間の合成桁の P9 橋脚可動側が支承面から外れて落橋した。駅前側の側径間では、下部工の変位に起因した PC 桁どうしの衝突により目地部付近の盛り上がりや RC 造の高欄部が圧壊した。

落橋の要因は、以下のように考えられる。

- (3) P9 直上可動支承側の桁かかり長は、580mmであったが、橋脚天端肩部のコンクリートが幅 80mm脱落したため有効なけたかかり長は 500mmとなった。
- (4) P9 橋脚天端における橋軸方向の移動量は約 100mmであり、さらに駅前側に 150mm傾斜した。
- (5) 落橋後に P8 と P9 の支間を測量した結果、約 500mm拡大したことが判明した。これは、固定端側の良好な地盤によってその方向への地盤の変形が押さえられ、軟弱な地盤側の変位が累積したか、あるいは鉄道線路路盤があったためと思われる。<私見では、P8 と P9 の間にある鉄道の盛土が側方流動することにより、支間が広がった可能性が最も高いと考える>
- (6) 基礎の RC 杭も曲げ塑性変形しており、液状化の発生に起因する地盤全体の変位（最大約 2m）が落橋の主要因と考えられる。



(※上図は左写真と左右が逆)



(P9 橋脚天端の状況)

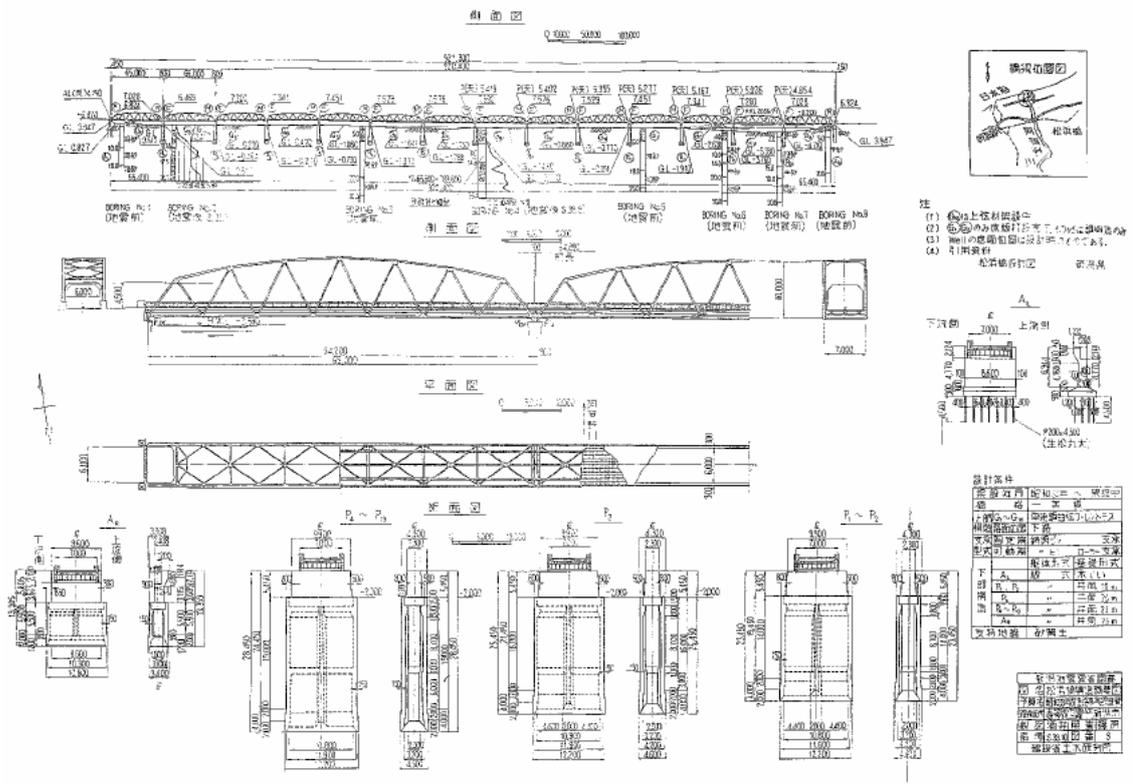


(新潟駅東跨線橋付近の地盤の永久変位)

## 主な参考文献

- ・ 新潟地震 30 年事業実行委員会／学術技術誌編集委員会：新潟地震と防災技術，1994.6
- ・ (社) 土木学会新潟震災調査委員会：昭和 39 年新潟地震震害調査報告，1966.6
- ・ 建設省土木研究所：新潟地震調査報告，土木研究所報告第 125 号，1965.6
- ・ 土木学会関西支部講習会テキスト：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，2001.7

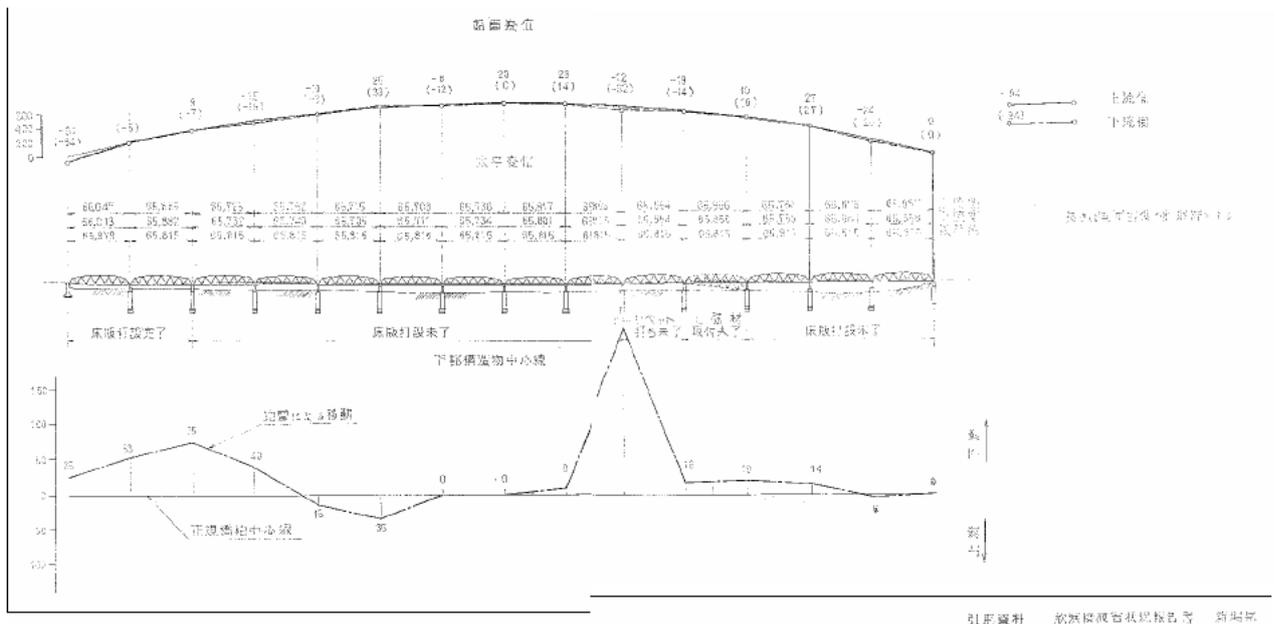
橋梁名	松浜橋（新松浜橋）
地震名	1964年新潟地震
路線・地域	主要地方道503号新潟村上線，阿賀野川
構造形式	14連の単純支持鋼曲弦ワーレントラス桁
橋長・支間長・幅員	橋長 921.3m 支間 65.4+12@65.8+65.4m 幅員 6.0m
支承形式	F+MF+MF+MF+MF+MF+MF+MF+MF+MF+MF+MF+MF+M F：ピン，M：ローラー
橋脚および基礎形式	井筒小判型橋脚（12.2m×4.6m） 長さ（P1,P2；18.0m，P3；20.0m，P4～P13；23m）
地盤	阿賀野川河口から1.8km地点，深さ30mはほぼ砂層からなり極めてゆるい地盤。 地表から5～7mに分布する平均N値は5程度。
竣工年度	架設中
適用示方書・設計水平震度	適用示方書不明，設計水平震度0.20
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	支保工の倒壊により可動側から落橋 シナリオA
一般図等	



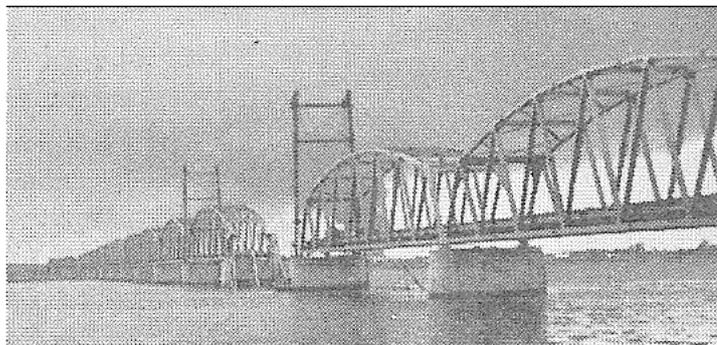
## 被災状況

本橋は、架設中に被災した落橋事例である。落橋した左岸より 11 連目のトラスは、上弦材を取り付けていない状態であったことから地震による支保工の倒壊に伴い可動端側がはずれて落橋した。隣接する 10 連目のトラスは、リベット打ちがなされていなかったが閉合されていたために落橋を免れた。落橋したトラス以外に本体工に被害は無かったが地震動による桁どうしの衝突の影響を受けて伸縮継手が損傷した。

地震前後の全支間長を比較すると約 580mm 短縮した。また、落橋した径間の橋脚中心間隔 (P10～P11) は、施工時に比べ約 12mm 短縮した。支承移動量、右岸橋台の状況から全支間長の変化は主要因として右岸橋台の河心方向への押し出しの影響が考えられる。



(変状概要図)



## 主な参考文献

- ・ 新潟地震 30 年事業実行委員会／学術技術誌編集委員会：新潟地震と防災技術，1994.6
- ・ (社) 土木学会新潟震災調査委員会：昭和 39 年新潟地震震害調査報告，1966.6

橋梁名	品ノ木橋
地震名	1964年新潟地震
路線・地域	北屋敷川向，猿橋川
構造形式	P C組立桁（単純桁？）
橋長・支間長・幅員	橋長 12.0m 幅員 2.4m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚・橋台：RC 杭
地盤	不明
竣工年度	昭和 35 年度（1960 年度）
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	橋脚の沈下による落橋 シナリオ A？
一般図等	

無し

被災状況

橋脚の沈下および橋体一連落橋

主な参考文献

- ・ 建設省土木研究所：新潟地震調査報告，土木研究所報告第 125 号，1965.6

橋梁名	錦桜橋
地震名	1978年宮城県沖地震
路線・地域	一般国道346号, 北上川
構造形式	単純非合成鋼鈹桁+5連単純鋼ワーレントラス+9径間ゲルバー鈹桁橋
橋長・支間長・幅員	単純桁部：支間 23.2m, 幅員 6.0m トラス部：支間 59.7+4@60.0=299.7m, 幅員 6.0m ゲルバー部：支間 28.3+7@28.0+28.3=252.6m, 幅員 6.0m
支承形式	M+FM+FM+FM+FM+FM+FM+F+(M)+(F)+M+F+(M)+(F)+M+F+(M)+(F)+M+F+(M)+(F)+M+F ( )内はゲルバー桁部
橋脚および基礎形式	橋脚：扶壁式RC橋脚 井筒基礎 橋台：半重力式
地盤	軟弱地盤約20m (シルト層N値3~8,局所的に砂混じり礫層N値25~30)
竣工年度	昭和31年度 (1956年度)
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	上部構造の振動変位による桁落下 シナリオC
一般図等	

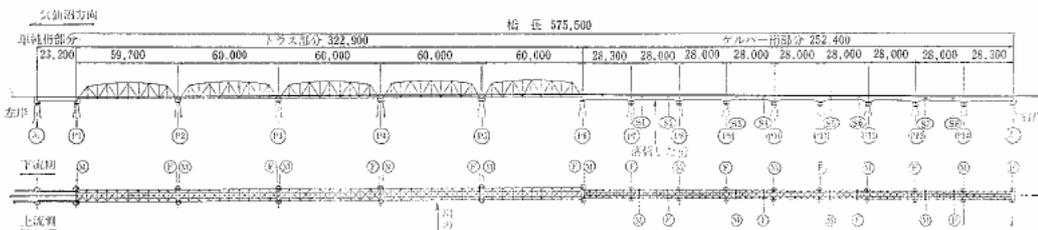
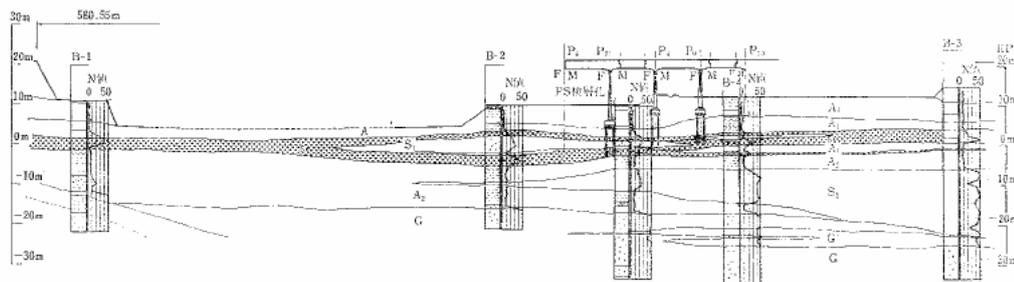
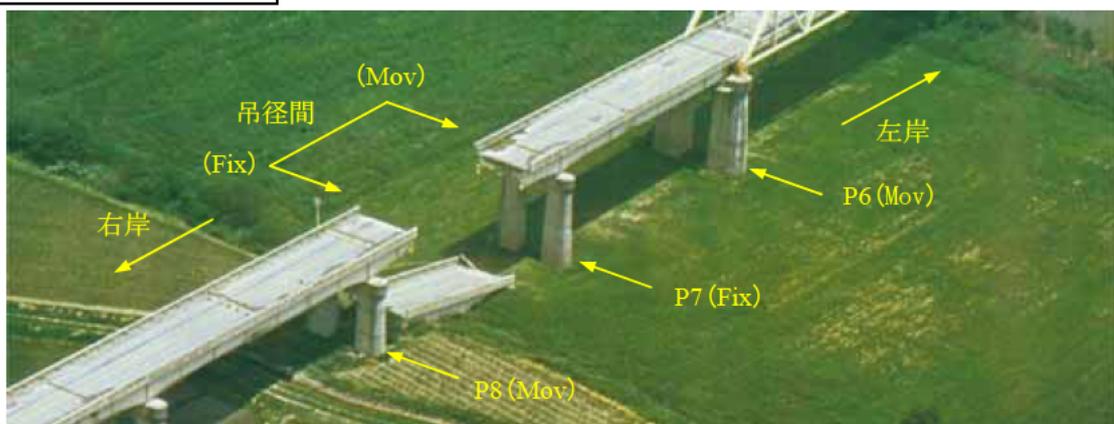


図-3-32 錦桜橋構造一般図



被災状況



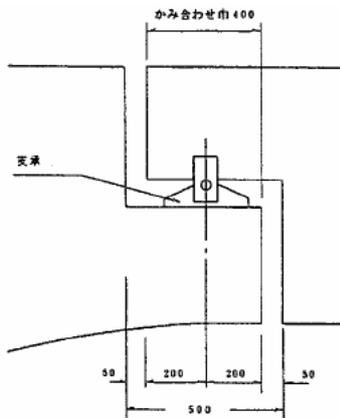
## 被災状況

一般国道 346 号線北上川を渡河する錦桜橋は、1978 年の宮城県沖地震によって左図に示すように P7 と P8 間のゲルバー吊桁がほぼ真下に落下した。

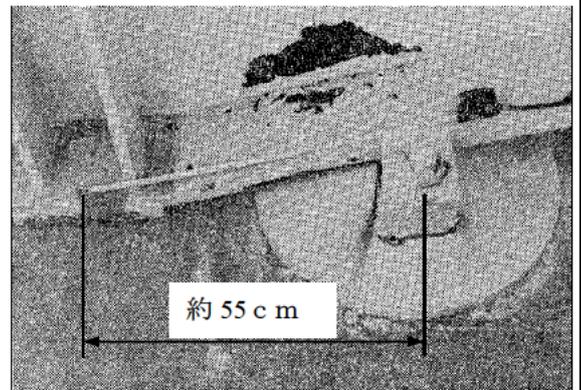
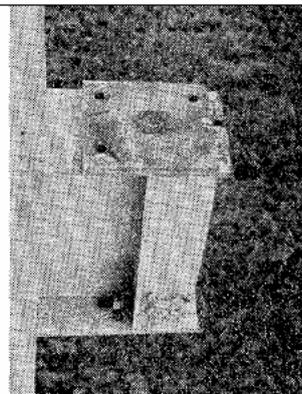
本橋は、本震の 4 ヶ月前に発生した地震によって支承部に損傷を受けたことによる修復途中で被災した特殊な事例であり、落橋の原因の一つであると報告されている。また、本橋は、基礎の根入れが比較的浅いこと、落下した吊桁は、トラス部とプレートガーターの境界付近に位置している。両者の重量が異なることにより振動特性も変化する。このことから落下した吊桁両端の定着桁が非常に大きくランダムな動きをしたことが直接的な原因であるとの報告もある。

P8 と右岸側橋台との鉋桁は、ほとんど全て右岸側へ移動し、ゲルバー部では桁どうしが密着していた。例えば、P8 直上では、桁が杓座から右岸側に滑り落ちており、正規の位置から約 55 cm の残留変位が生じた。落下した吊桁の P7 側の桁端では、落橋時に生じたと思われる伸縮装置の大きな残留変形、部材の折れ曲がり、および床版の剥離が確認された。しかしながら P8 側の桁端では同様な損傷は確認されなかった。

P7 橋脚上の上流側および下流側のゲルバーヒンジ部の杓と桁は、4 本のボルト（直径約 19mm）と突起（直径約 80mm）により固定されていたがこれらの破断により吊桁と共に落下した。一方、落橋した吊桁の桁中央にあるせん断キーは、ほとんど損傷していない。これらのことから吊桁部は橋軸直角方向に激しく振動して落下したものでなく、橋軸方向の振動が原因で落下したものと推察される。



(左岸側可動杓ゲルバーヒンジの構造と被災後の状態)

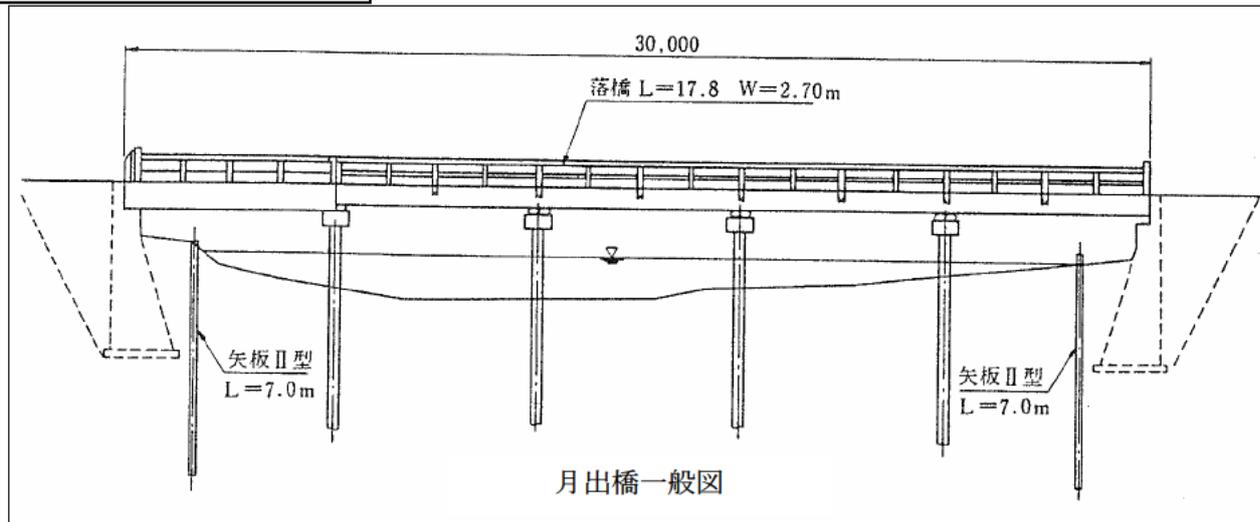


(P8 直上における桁の残留変位)

## 主な参考文献

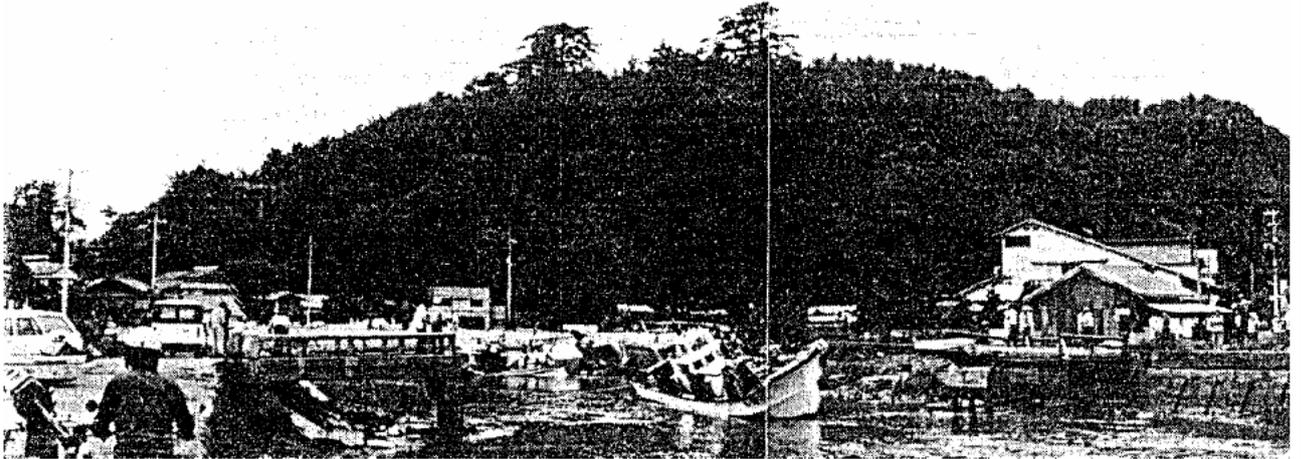
- 建設省土木研究所：1978 年宮城県沖地震災害調査報告，土木研究所報告第 159 号，1983.3
- （社）土木学会東北支部：1978 年宮城県沖地震調査報告書，1980.4

橋梁名	月出橋
地震名	1983年日本海中部地震
路線・地域	島根県隠岐郡西郷町，中村川河口付近
構造形式	4連木橋+1連コンクリート床版橋
橋長・支間長・幅員	橋長 30.0m 支間 5@6.0m 幅員 2.7m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	パイルベント形式（詳細諸元不明）
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波によって遡上した船の衝突 シナリオE
一般図等	



#### 被災状況

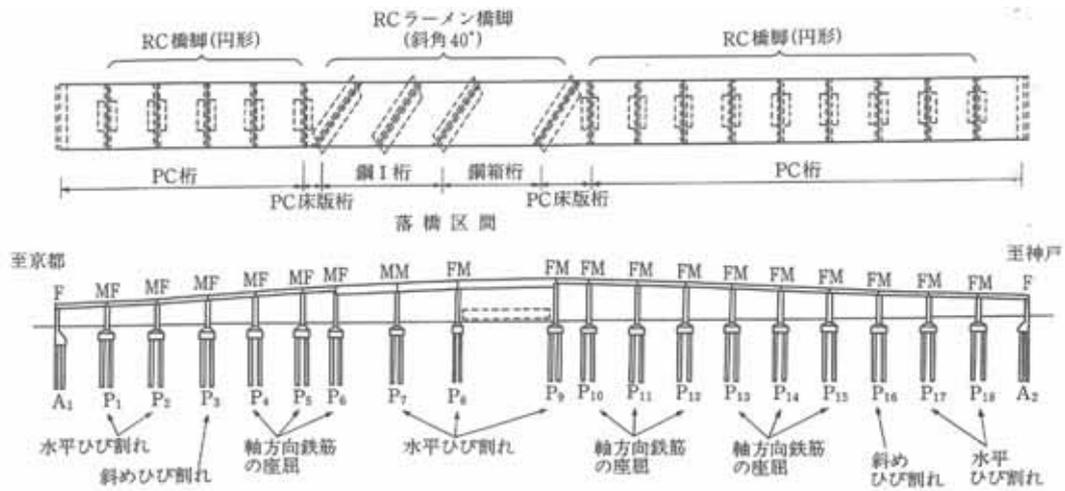
本橋は、津波の遡上により小型漁船が河川上流方向に押し上げられこれが衝突したために落橋した事例である。なお、この橋梁は老朽化が著しく、本橋より下流方向 70mの地点に新橋を架設中（下部構造のみ竣工）であった。



#### 主な参考文献

- 1983年日本海中部地震災害調査報告，土木研究所報告 No.165，1985.3

橋梁名	門戸高架橋
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	一般国道171号線
構造形式	19径間単純桁橋（PC桁5径間+PC床版桁1径間+鋼I桁2径間+鋼箱桁1径間+PC床版桁1径間+PC桁9径間）
橋長・支間長・幅員	橋長 328.6m 支間長 34m（落橋区間：P8-P9） 幅員 11.5m
支承形式	固定+可動（PC桁・PC床版桁：ゴム支承，鋼桁：支承板支承）
橋脚および基礎形式	橋脚：RC円柱式橋脚（P1-P5，P10-P18） RC3柱式ラーメン橋脚（P6-P9） 基礎：杭基礎
地盤	不明
竣工年度	昭和42年度（1967年度）
適用示方書・設計水平震度	昭和36年「プレストレストコンクリート設計施工指針」 昭和39年「鉄筋コンクリート道路橋設計示方書」 昭和39年「鋼道路橋設計示方書」 設計水平震度不明
落橋防止構造	桁間連結装置 橋脚天端コンクリート打増または鋼製ブラケット設置による沓座拡幅
被災形式及びシナリオ	斜橋の回転による落橋 シナリオD
一般図等	

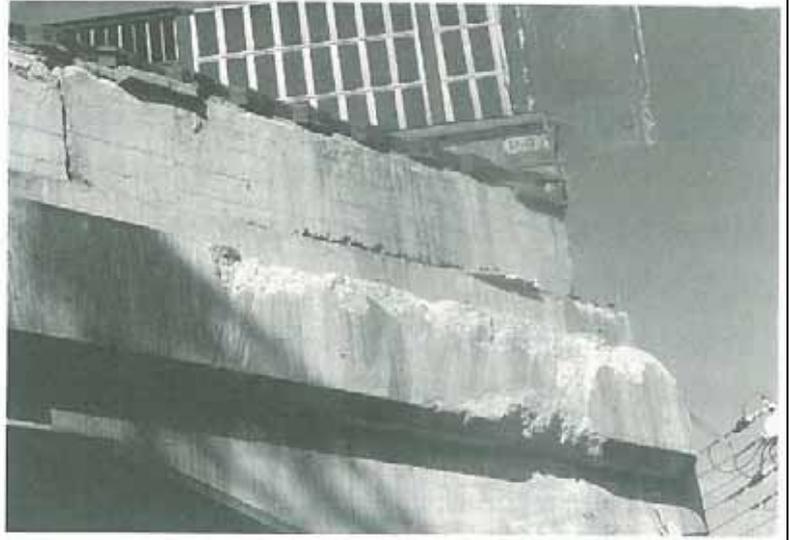


## 被災状況

落橋した P8-P9 間を含む P6-P9 間は阪急電鉄を交差するために 40°の斜角を有する。

落下した鋼箱桁には、斜角の鉛角部分から橋脚断面に直角な方向に回転して落下した形跡が見られる。これは、水平方向の地震力により支承が破損し、さらに斜橋部分に回転が生じて落下に至ったものと考えられる。上部桁の落下に伴い、この鋼桁を支持する P8 橋脚（可動支承側）および P9 橋脚（固定支承側）で設けられていた沓座拡幅のためのコンクリート表面に擦り痕が見られ、同様に設けられていた沓座拡幅のための鋼製ブラケットには著しい座屈が生じた。

P1-P18 橋脚の全てに何らかの損傷を生じた。両端の橋台から跨線橋の中央部になるほど損傷の程度が大きくなる傾向がある。落橋が生じた跨線部を支持する P7-P9 の 3 柱式ラーメン橋脚では、水平ひび割れ程度の損傷であった。



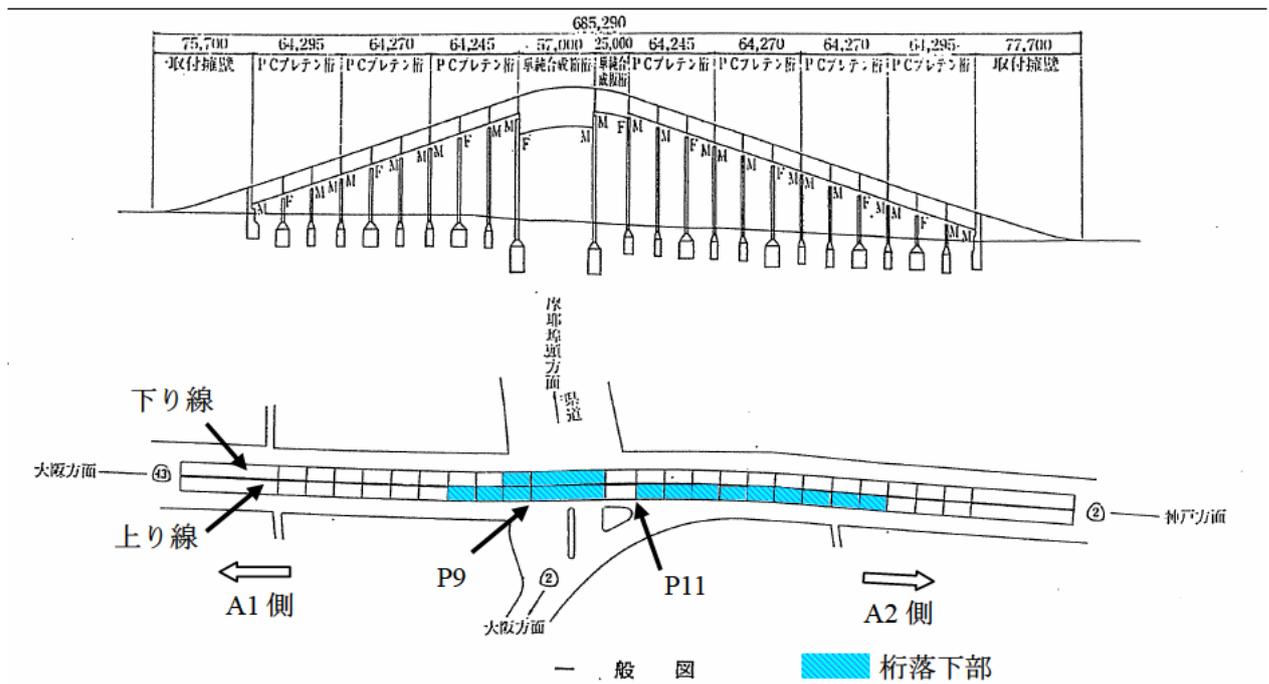
（沓座拡幅部の損傷 P9）



## 主な参考文献

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（土木学会，地盤工学会，日本機械学会，日本建築学会，日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第 1 章 橋梁，土木学会，1996.12

橋梁名	岩屋高架橋
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	一般国道43号線
構造形式	単純合成鋼箱桁1連，単純合成鋼板桁1連，3径間連結PC桁7連 上下線50径間
橋長・支間長・幅員	橋長 531.89m 幅員 10.5m×2 支間(64.925)+(64.270)+(64.245)+57.0+25.0+(64.245)+2@(64.270)+(64.295)m ( )内は、3径間連結区間を示す。
支承形式	固定+(可動+可動)+(固定+可動)+可動
橋脚および基礎形式	橋脚：張り出し式T形単柱鋼製橋脚，張り出し式T形単柱式RC橋脚 基礎：杭基礎
地盤	砂層・砂礫層(Ⅱ種地盤)
竣工年度	昭和47年
適用示方書・設計水平震度	昭和39年「道路橋下部構造設計指針(くい基礎の設計篇)」 昭和47年「道路橋示方書」 昭和46年「道路橋耐震設計指針」 設計水平震度 0.22
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	鋼製橋脚の局部座屈，角部われによる崩壊 RC橋脚の破壊による落橋 シナリオA
一般図等	



(桁落下部は写真等により推測した。)

被災状況



上り線（北側）P11 橋脚から A2 橋台側に向けての状況  
(写真：兵庫国道事務所 HP より)



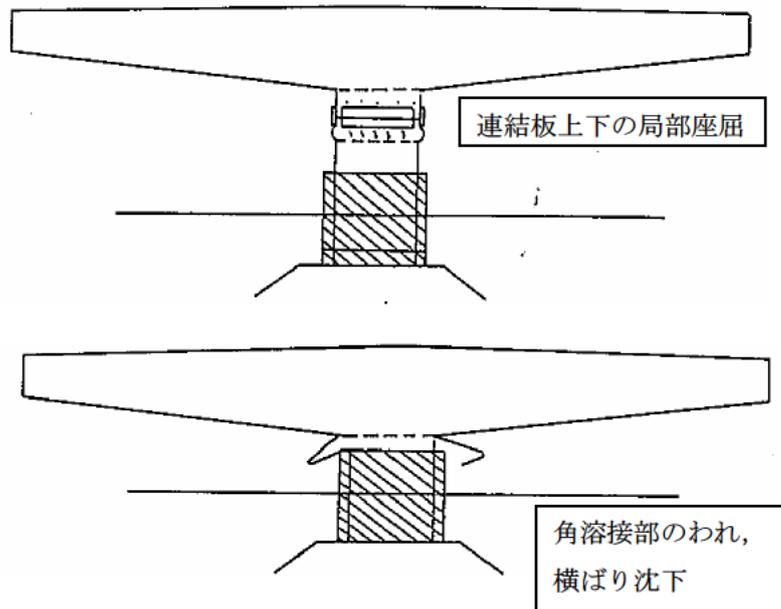
文献に明確な記載はないが、被災写真と一般図より、桁落下が生じた径間を以下のように推定した。

- P9 橋脚の倒壊により交差点を跨ぐ単純鋼箱桁の上下線部
- 下り線 P6 橋脚から P9 橋脚の 3 径間連結区間の P9 橋脚側の端径間
- 上り線 P6 橋脚から P9 橋脚の 3 径間連結区間
- P11 橋脚から神戸側の 3 連の 3 径間連結区間

P9 橋脚の倒壊に伴う落橋については、参考文献の抜粋を次頁に示す。

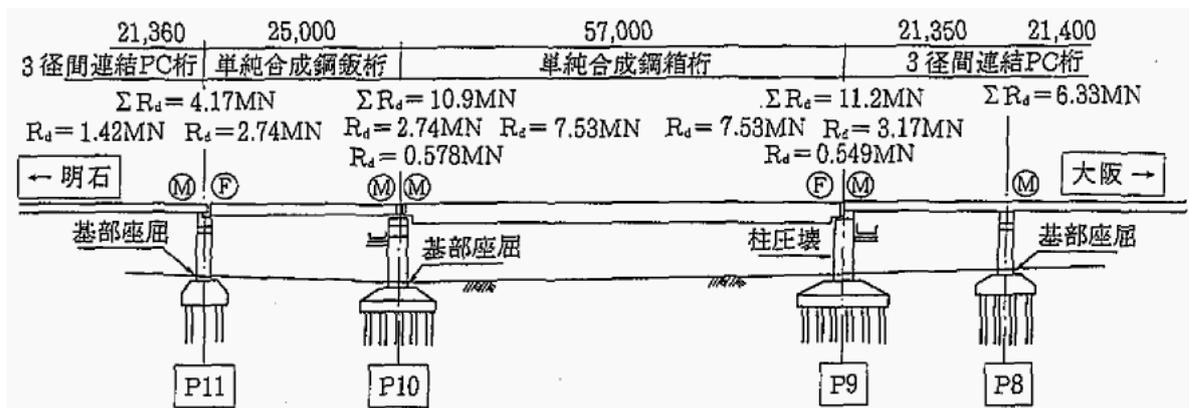
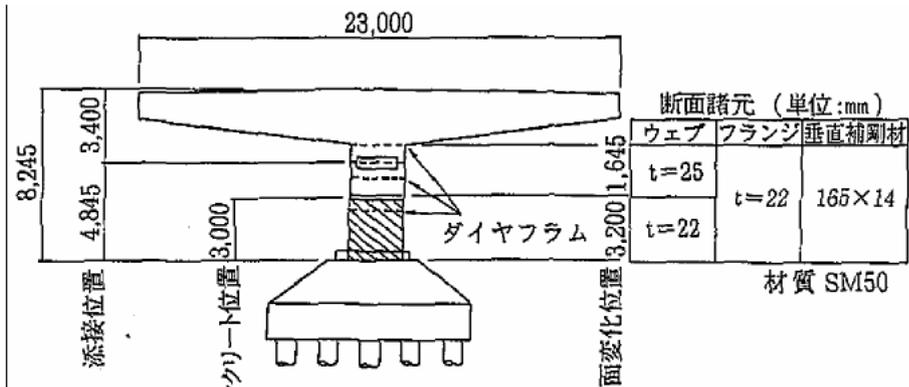
P9橋脚は、柱部が鉛直方向に押し潰されており、橋脚基部の中埋めコンクリートの位置まで横ばりが2.7m程度沈下している。これに伴い上部構造も沈下したものの、落橋までには至らなかった。柱を構成する補剛板は、4面とも角溶接部で引き裂かれて独立し、それぞれ連結板の下の位置で「くの字」に折り曲げられている。

本橋脚が崩壊に至った原因は極めて大きな地震力が作用したと考えられる。被災のメカニズムとしては、上図に示すようにまず中埋めコンクリート上の連結板上下において、連



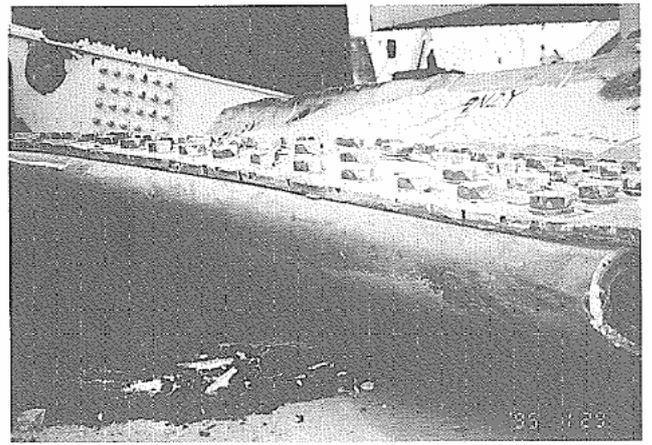
結板を含むダイヤフラム間のパネルで座屈変形を生じたものと考えられる。変形が大きくなるにしたがい連結板上下の部分に折れ曲がりを生じ、この部分の角溶接部が裂け始め鉛直力を支えるための耐荷力を失って、最終的に直下に崩壊したものと推定される。

なお、補剛板の折れ曲がりの状態は一般的局部座屈とは異なるが、これは連結板上下における垂直補剛材の不連続によって起きたものと考えられる。この部分は設計上局部座屈に対して問題はないものの、想定をこえる地震力を受け一旦座屈を生じると変形が集中し、最終的には折れ曲がる状態になったものである。





P9 橋脚の損傷状況（南側より）



P9 橋脚の損傷（連結部付近の補鋼板）



左上：P9 橋脚南側より

右上：P9 橋脚付近北東側より

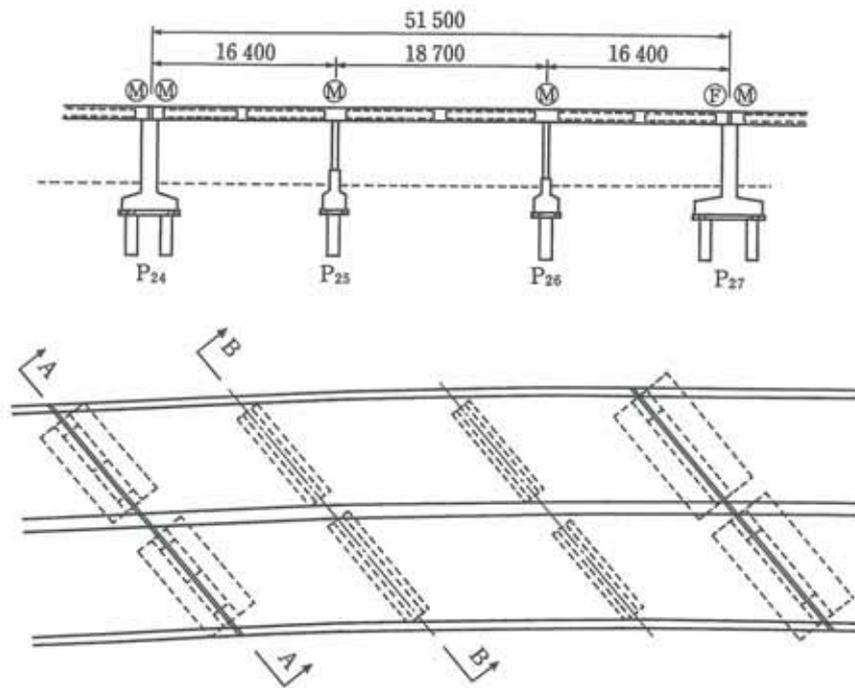
左：P7P8 径間の落下（手前左が P8 橋脚）

（写真：兵庫国道事務所 HP より）

#### 主な参考文献

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（土木学会，地盤工学会，日本機械学会，日本建築学会，日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第1章 橋梁，土木学会，1996.12
- ・ 建設省土木研究所：平成7年(1995年)兵庫県南部地震被害調査報告，土木研究所報告 No.196，1996.3
- ・ （社）プレストレストコンクリート技術協会：岩屋高架橋（工事ニュース），プレストレストコンクリート，pp.62，Vol.15，No.6，1973
- ・ 川崎茂信：直轄国道の被災状況と復旧，道路 652号，（社）日本道路協会，1995
- ・ 国土交通省：防災情報 阪神・淡路大震災の概要，兵庫国道事務所ホームページ

橋梁名	瓦木西高架橋
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	名神高速道路
構造形式	3径間連続RC中空床版橋
橋長・支間長・幅員	橋長 51.5m 支間長 16.4+18.7+16.4m 幅員 不明
支承形式	固定+可動(固定:メナーゼヒンジ,可動:鋼製BP支承)
橋脚および基礎形式	橋脚:RC壁式橋脚(架け違い),ロッキングコラム橋脚(中間) 基礎:場所打ち杭基礎
地盤	砂,礫を主にした沖積層および洪積層の伊丹砂礫層,伊丹粘土層
竣工年度	昭和39年度(1964年度)供用
適用示方書・設計水平震度	昭和31年鋼道路橋設計示方書,コンクリート標準示方書 設計水平震度 0.2
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	斜橋の回転と橋脚損傷による桁落下 シナリオA,(D)
一般図等	



## 被災状況

上り線の上部構造が、可動端である P24 橋脚から外側に回転して落下している。落橋した当該箇所（P24～P27）は県道と交差しているため 52°の斜角を有しており、橋軸直角方向の揺れに対して鈍角方向から鋭角方向に回転しやすい。落橋状況を見ると、P27 の固定端を中心に上部構造が大きく回転していることから、水平方向の大きな地震動により、可動支承のサイドブロックが破壊され、桁が水平方向の力に抵抗しないロッキングカラム橋脚と共に外側へ倒れたものと推測される。

水平方向の力に抵抗しないロッキングカラム橋脚のうち、P25 は上部構造の落下に抵抗できず完全に倒壊している。固定端となっている P27 は上部構造の拘束を保っているが、桁の落下（回転）に伴い、ねじれ破壊が生じている。



（ロッキングカラム橋脚の転倒状況 P25）



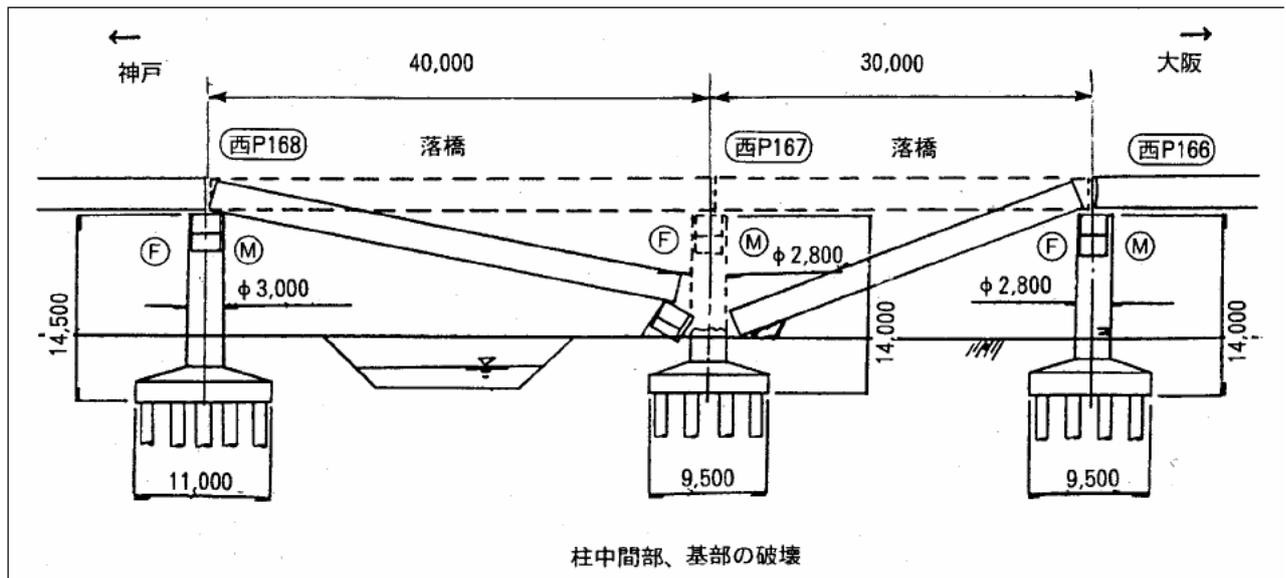
（固定橋脚の損傷状況 P27）



## 主な参考文献

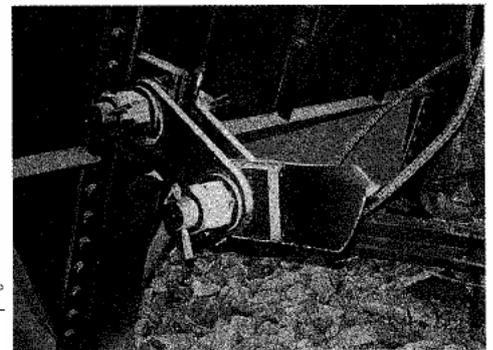
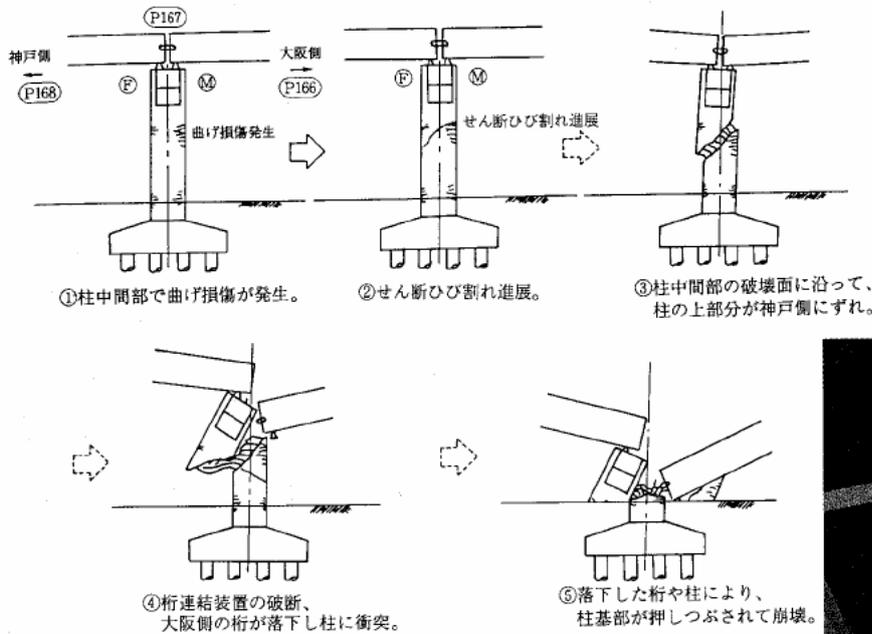
- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（土木学会，地盤工学会，日本機械学会，日本建築学会，日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第1章 橋梁，土木学会，1996.12

橋梁名	西宮市甲子園高潮町西 P167
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路3号神戸線
構造形式	鋼単純鈹桁橋
橋長・支間長・幅員	支間長 40+30m 幅員 不明
支承形式	固定+可動
橋脚および基礎形式	橋脚：RC 張り出し式円柱橋脚 基礎：場所打ち杭基礎
地盤	砂礫混じり砂，シルト混じり砂を中心としたⅡ種地盤
竣工年度	昭和54年度（1979年度）
適用示方書・設計水平震度	昭和47年「道路橋示方書」 昭和39年「道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計編」 昭和43年「道路橋下部構造設計指針 橋台・橋脚の設計編」 設計水平震度 0.23
落橋防止構造	桁間連結装置
被災形式及びシナリオ	RC 橋脚の主鉄筋断落とし部の破壊による倒壊 シナリオ A
一般図等	



被災状況

西 P167 橋脚が、橋軸方向に橋脚柱の中間部および基部で破壊し、3 つに分断して崩壊した。その結果、西 P167 橋脚上の単純桁 2 径間が落下した。両方の径間には桁間連結装置が設けられていたが、破断していた。



推定される橋脚破壊メカニズム

(破断した桁間連結装置)



(西 P167 橋脚柱上部 大阪側)



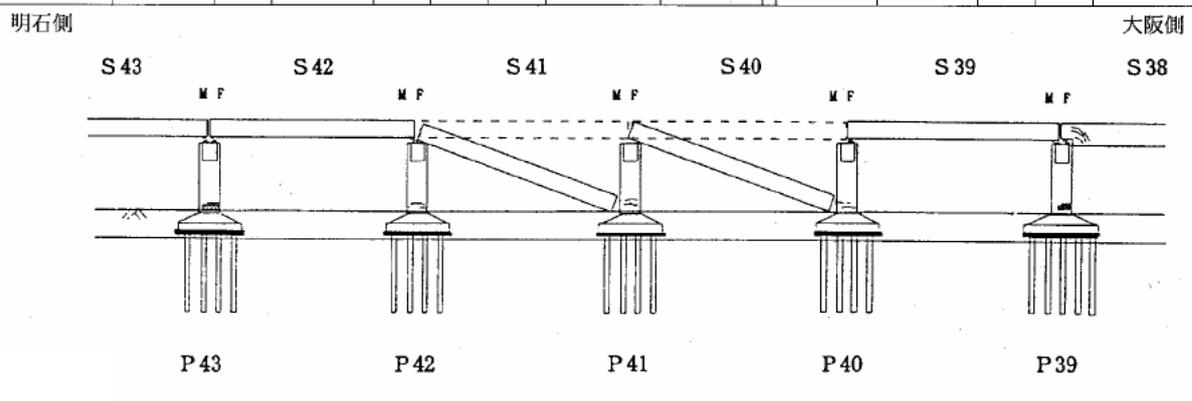
(西 P167 橋脚柱中間部 神戸側)

主な参考文献

- 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌，1997.9

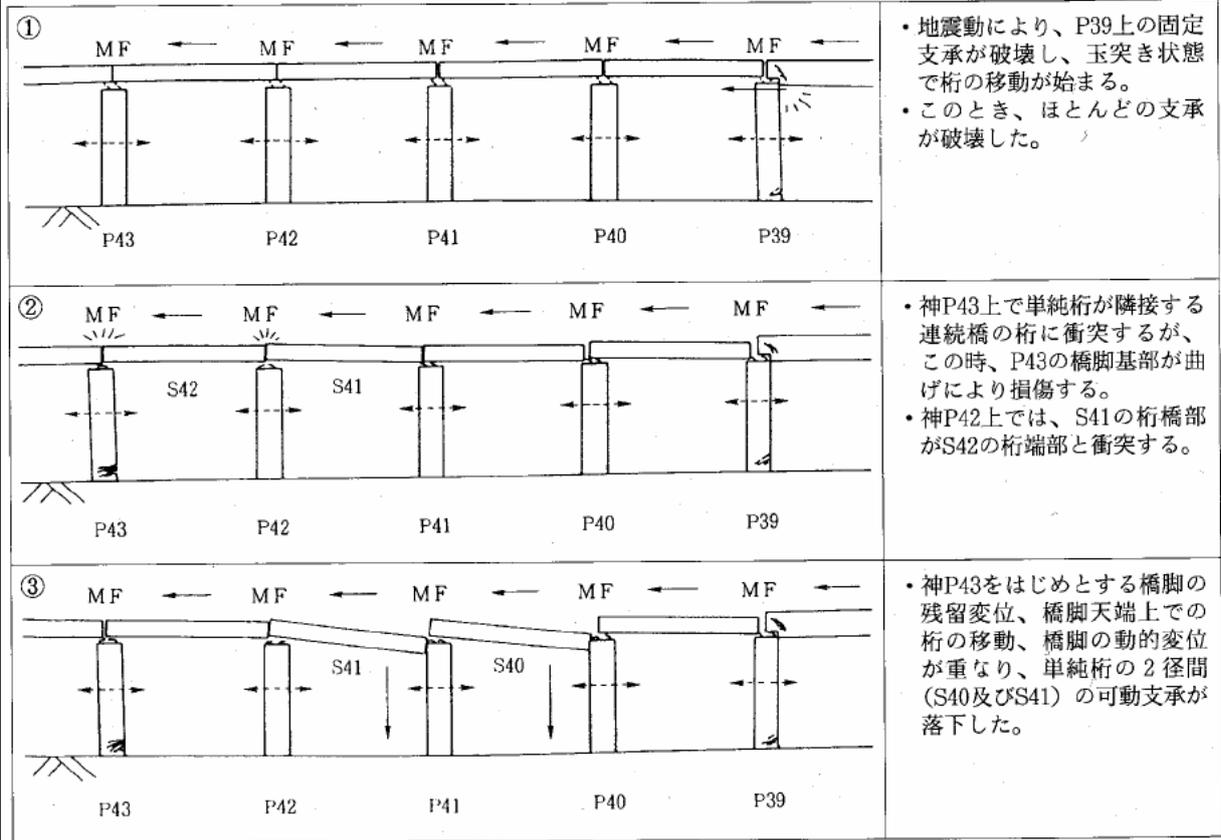
橋梁名	西宮市浜脇町（札幌）神 P41-P43
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路3号神戸線
構造形式	鋼単純鋼桁橋
橋長・支間長・幅員	支間長 52m 幅員 不明
支承形式	固定+可動（固定：支圧型ピン支承，可動：一本ローラー支承）
橋脚および基礎形式	橋脚：RC張り出し式角柱橋脚（神 P39） RC張り出し式円柱橋脚（神 P40-P43） 基礎：場所打ち杭基礎
地盤	砂層または砂礫層（Ⅱ種地盤）
竣工年度	昭和44年度（1969年度）
適用示方書・設計水平震度	昭和39年「鋼道路橋設計示方書」 昭和39年「道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計編」 昭和43年「道路橋下部構造設計指針 橋台・橋脚の設計編」 設計水平震度 0.2
落橋防止構造	桁間連結装置（設計水平震度 0.22，割り増し係数 1.5）， けたかかり長 120cm ( $>S_E=96\text{cm}$ )
被災形式及びシナリオ	桁振動・衝突による桁落下 シナリオ C
一般図等	

上部構造No.	S 4 3	S 4 2	S 4 1	S 4 0	S 3 9	S 3 8
上部構造形式	3径間連続鋼箱桁	単純鋼箱桁	単純鋼箱桁	単純鋼箱桁	単純鋼箱桁	5径間ゲルバー鋼箱桁
支間長 (mm)	45,000	52,000	52,000	52,000	52,000	87,000
桁の損傷状況	P43側にS42と衝突した形跡	P43側にS43と衝突した形跡	落橋 脱落側の桁端腹板上フランジに損傷	落橋 脱落側の桁端腹板上フランジに損傷		P39側桁端切欠き部に座屈
桁連結装置の状況	連結ピン取付部腹板の座屈		連結ピンと腹板の破断	S41側連結ピンの破断	S40側連結ピンの破断	S39側取付部腹板の破断
支承形式	ローラー ピン	ローラー ピン		ローラー ピン	ローラー ピン	ローラー ピン
支承の損傷状況	上沓逸脱および破壊 上沓脱落		上沓脱落	上沓逸脱および破壊 上沓脱落	上沓逸脱および破壊 上沓脱落	上沓脱落 上沓逸脱および破壊



被災状況

神 P39～神 P43 間の鋼単純箱桁橋 4 連のうち、中央の 2 連が、神 P40 および神 P41 上の可動支承側の桁端で橋脚天端から脱落して落下した。大阪側に隣接するゲルバー桁の端部が神 P39 橋脚上の単純桁に衝突し、神 P43 橋脚上で隣接する連続桁の端部に衝突しているように見受けられた。また、神 P39 および神 P43 の両橋脚はいずれも大阪側の基部において損傷していた。



(神 P40 より明石側を見る)

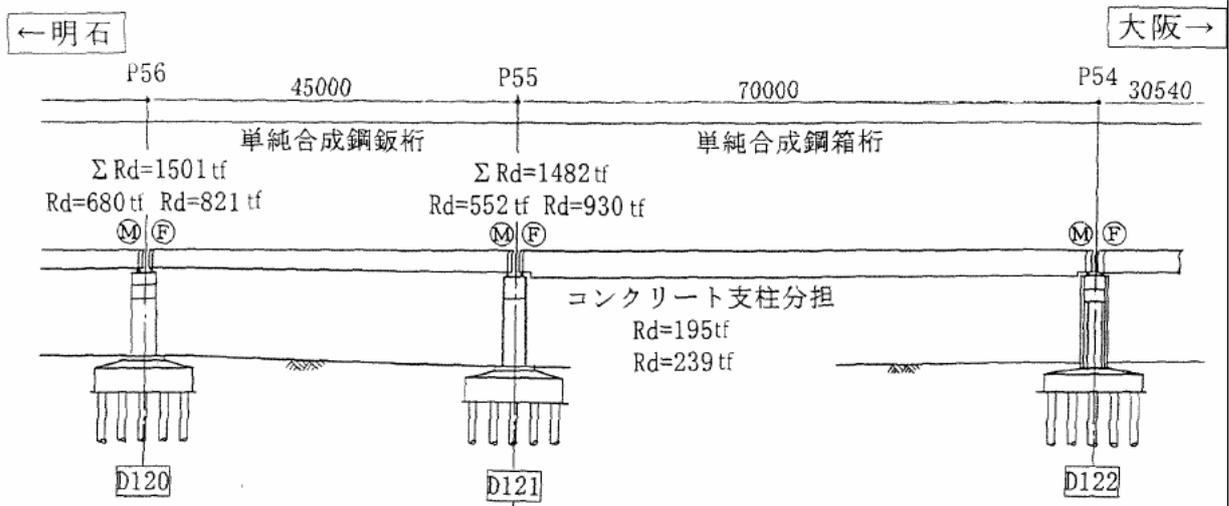


(神 P42 橋脚上の S42 桁端部の状況)

主な参考文献

- 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌，1997.9

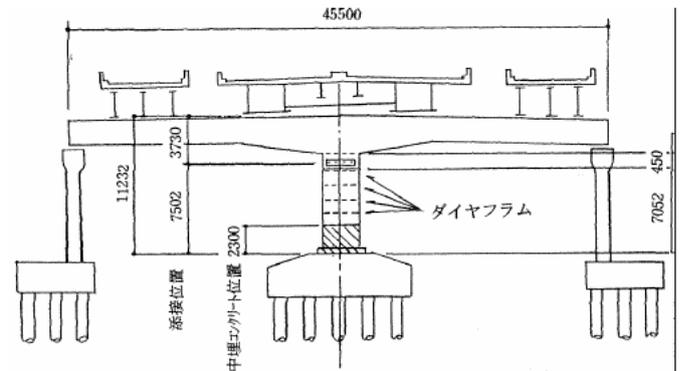
橋梁名	西宮市市庭 建石交差点
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路3号神戸線
構造形式	単純合成鋼箱桁橋, 単純合成鋼板桁橋
橋長・支間長・幅員	支間 40+30m 幅員 不明
支承形式	固定+可動
橋脚および基礎形式	橋脚: 特殊形式の鋼製ラーメン橋脚 基礎: 杭基礎
地盤	砂層および砂礫層 (II種地盤)
竣工年度	昭和44年度 (1969年度)
適用示方書・設計水平震度	昭和39年「鋼道路橋設計示方書」 昭和39年「道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計編」 設計水平震度 0.20, 鉛直震度 0.10
落橋防止構造	桁間連結装置
被災形式及びシナリオ	鋼製橋脚の座屈による崩壊 シナリオ A
一般図等	



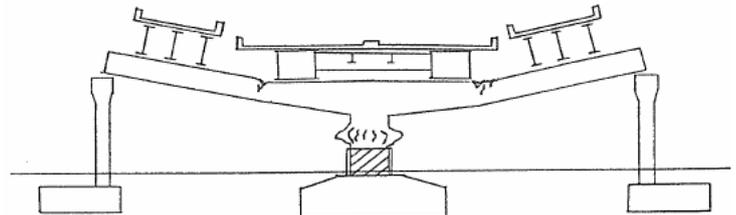
## 被災状況

ラーメン橋脚の中央にある鋼製柱部分が鉛直方向に押し潰されており、横ばりが基部の中埋めコンクリートの位置まで 6m 程度沈下している。沈下した柱には橋軸および橋軸直角方向に大きな移動は見られない。また、これに伴い上部構造も沈下したものの、落橋までには至らなかった。

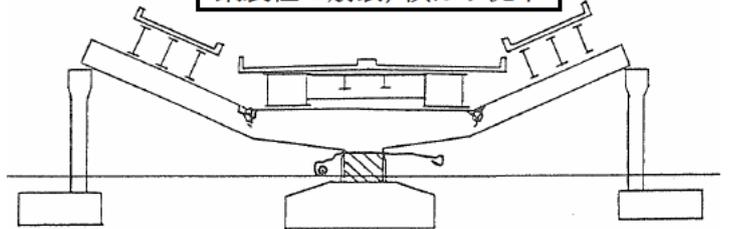
本橋脚は設計で想定した以上の地震力の作用を受け、右図に示すように鋼製柱の基部に局部座屈を生じ、その後、RC柱に支えられた横ばりの重さにより鋼製柱が徐々に沈下したのではないかと考えられる。これによりRC柱が分担していた死荷重が鋼製柱に移動し、死荷重の負担が大きくなったため鋼製柱の沈下及び横ばりの変形がさらに進んだと考えられる。鋼製柱の局部座屈が進んだ後、角溶接部が裂けるか支承の損壊をきっかけに死荷重を支えきれなくなり、鋼製柱の4面の補剛材がはがれ、中埋めコンクリートの位置まで横梁が沈下した。



鋼製柱の基部座屈、横ばり座屈



鋼製柱の崩壊、横ばり沈下



柱部の被災状況 (東側より、桁下には吸音材が設置されている)

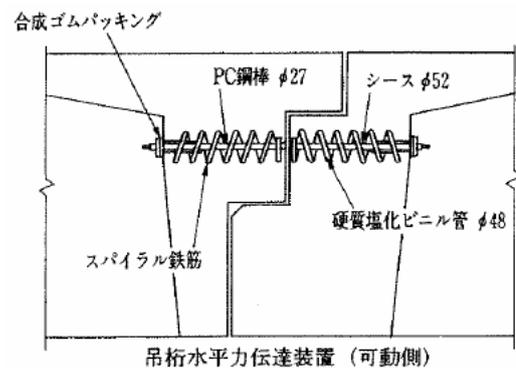
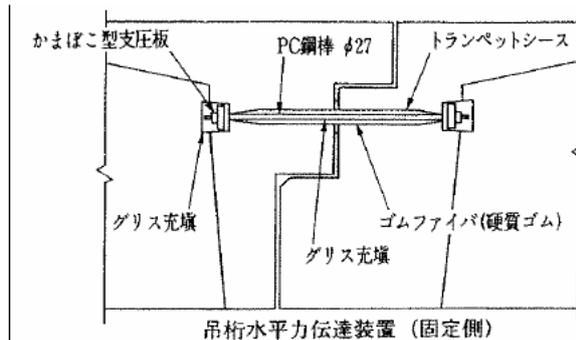
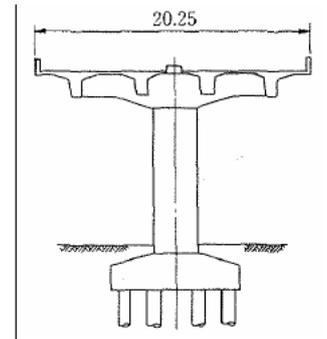
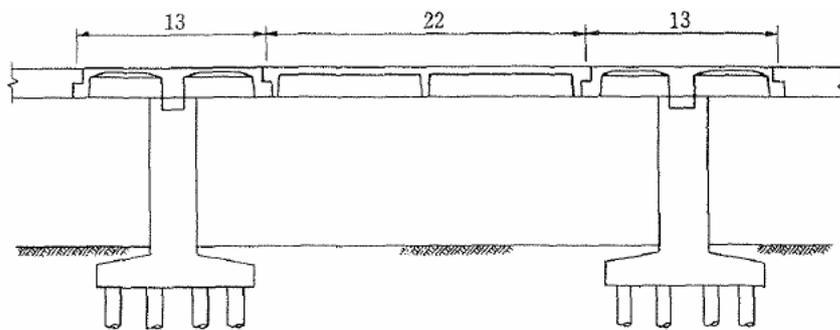


鋼製柱基部

## 主な参考文献

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 土木建造物の被害 橋梁，1996.12
- ・ 建設省土木研究所：平成7年(1995年)兵庫県南部地震被害調査報告，土木研究所報告 No.196，1996.3

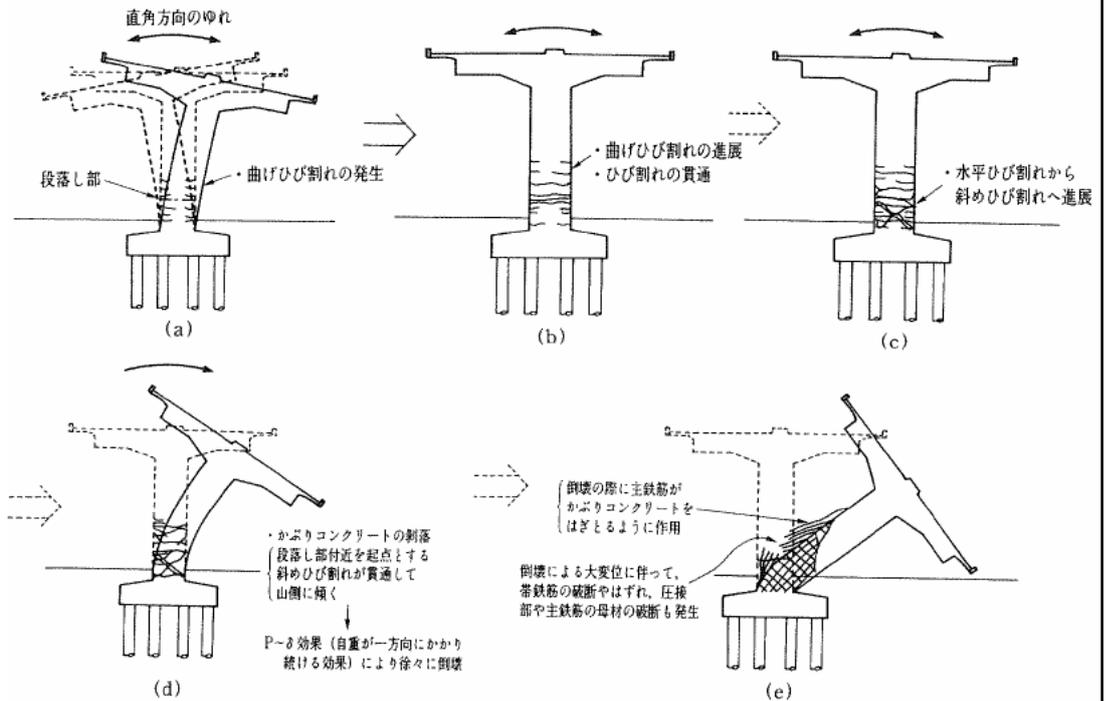
橋梁名	神戸市東灘区深江本町神 P126～P142
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路3号神戸線
構造形式	2点ヒンジのPCゲルバー桁
橋長・支間長・幅員	支間 22m (ゲルバー部) 幅員 20.25m
支承形式	固定+可動
橋脚および基礎形式	橋脚：ピルツ構造・1本柱円形断面 基礎：場所打ち杭基礎
地盤	砂層または砂礫層から構成されるⅡ種地盤
竣工年度	昭和44年度 (1969年度)
適用示方書・設計水平震度	昭和39年「鋼道路橋設計示方書」 設計水平震度 0.20 鉛直震度 0.10
落橋防止構造	桁間連結装置
被災形式及びシナリオ	RC橋脚の主鉄筋段落し部の破壊による倒壊 シナリオA
一般図等	



被災状況

神 P126 から P142 に至る 17 本の橋脚が、おおむね中間高さで破壊し、上部構造が北側（山側）に倒壊した。橋脚はかぶりコンクリートの剥離だけでなく、内部のコンクリートまで砕け、主鉄筋の座屈や破断が生じている。橋脚の南側の側面には、軸方向鉄筋とともにかぶりコンクリートがはぎ取られたような損傷を受けている。ただし、損傷程度を見ると、軸方向鉄筋の段落し位置付近で著しく、これが損傷の起点であり、橋脚が倒壊する過程で南側の面の軸方向鉄筋やかぶりコンクリートがはぎ取られていったことを示している。

本橋の被災メカニズムは、大きな地震力の作用により、基部及び主鉄筋の段落し部において主鉄筋の曲げ降伏が発生し、コンクリートの曲げひび割れの進展とともに段落し部においてコンクリートのせん断ひび割れに移行したと推定される。



倒壊したピルツ橋（神 P125 より明石側を見る）

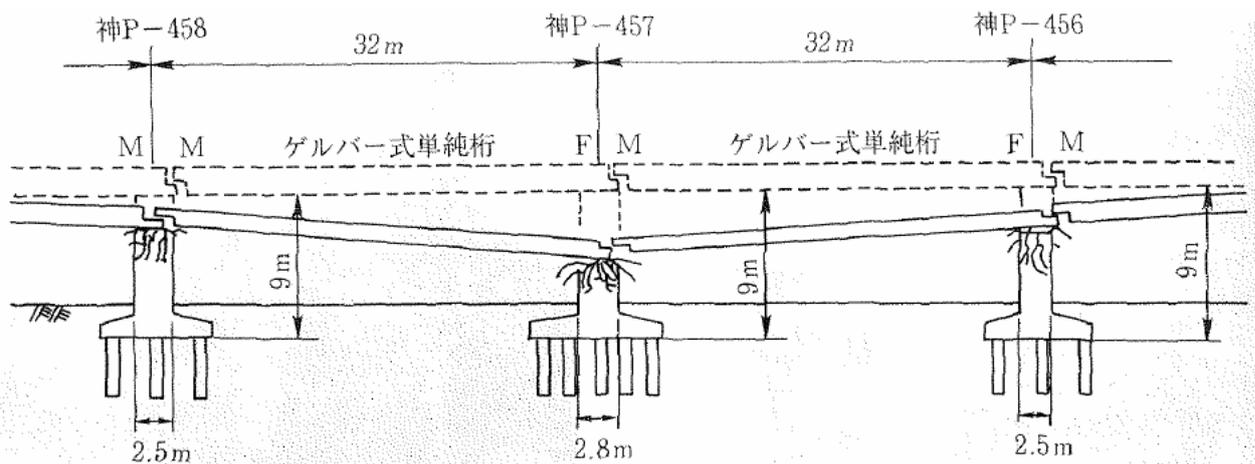


橋脚のせん断破壊（神 P138）

主な参考文献

- ・ 建設省土木研究所：平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震被害調査報告，土木研究所報告 No.196，1996.3
- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告・土木構造物の被害橋梁,1996.12
- ・ 兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会：兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書，1995.12
- ・ 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌,1997.9

橋梁名	神戸市中央区波止場町神 P457
地震名	1995 年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路 3 号神戸線
構造形式	鋼単純鈹桁橋
橋長・支間長・幅員	支間 32+32m 幅員 不明
支承形式	固定+可動
橋脚および基礎形式	橋脚：RC 橋脚 基礎：杭基礎
地盤	不明
竣工年度	昭和 40 年度（1965 年度）
適用示方書・設計水平震度	昭和 39 年「道路橋示方書」 設計水平震度 不明
落橋防止構造	桁間連結装置
被災形式及びシナリオ	RC 橋脚の主鉄筋段落し部の破壊による倒壊 シナリオ A
一般図等	



## 被災状況

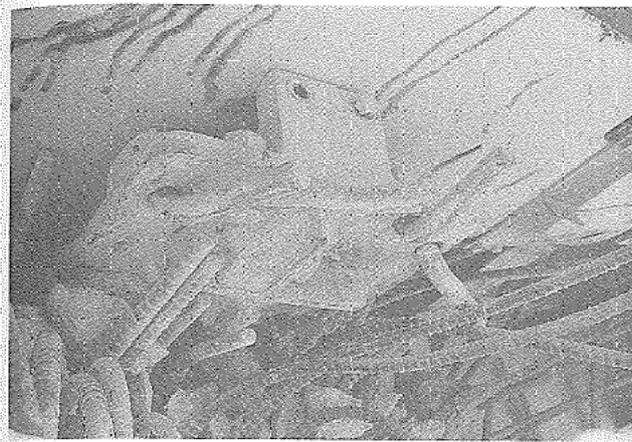
橋脚が天端付近から圧壊し、上部構造が地上付近まで沈下した。支承アンカーの損傷、橋脚天端付近の圧壊と段落し部での損傷が見られた。上部構造はゲルバー一部の桁連結装置は破壊していた。



橋脚の破壊による落橋



完全に破壊した橋脚



破壊した支承（アンカーが屈曲）（P458）



柱の上部が破壊し横梁が沈下

## 主な参考文献

- ・ 建設省土木研究所：平成7年(1995年)兵庫県南部地震被害調査報告，土木研究所報告 No.196，1996.3
- ・ 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌，1997.9

橋梁名	湊川ランプ橋東入 G3・西出 G4
地震名	1995 年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路 3 号神戸線
構造形式	2 径間連続曲線鋼箱桁橋
橋長・支間長・幅員	不明
支承形式	固定+可動
橋脚および基礎形式	橋脚：鋼製矩形単柱橋脚，RC 円形単柱橋脚，RC 円錐柱橋脚（落橋部） RC 壁式橋脚，RC ラーメン橋脚 基礎：杭基礎，直接基礎
地盤	不明
竣工年度	昭和 43 年度（1968 年度）供用
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	桁間連結装置
被災形式及びシナリオ	曲線橋回転と橋脚損傷による桁落下 シナリオ A，(D)
一般図等	

無し

被災状況



(湊川西出 G4)

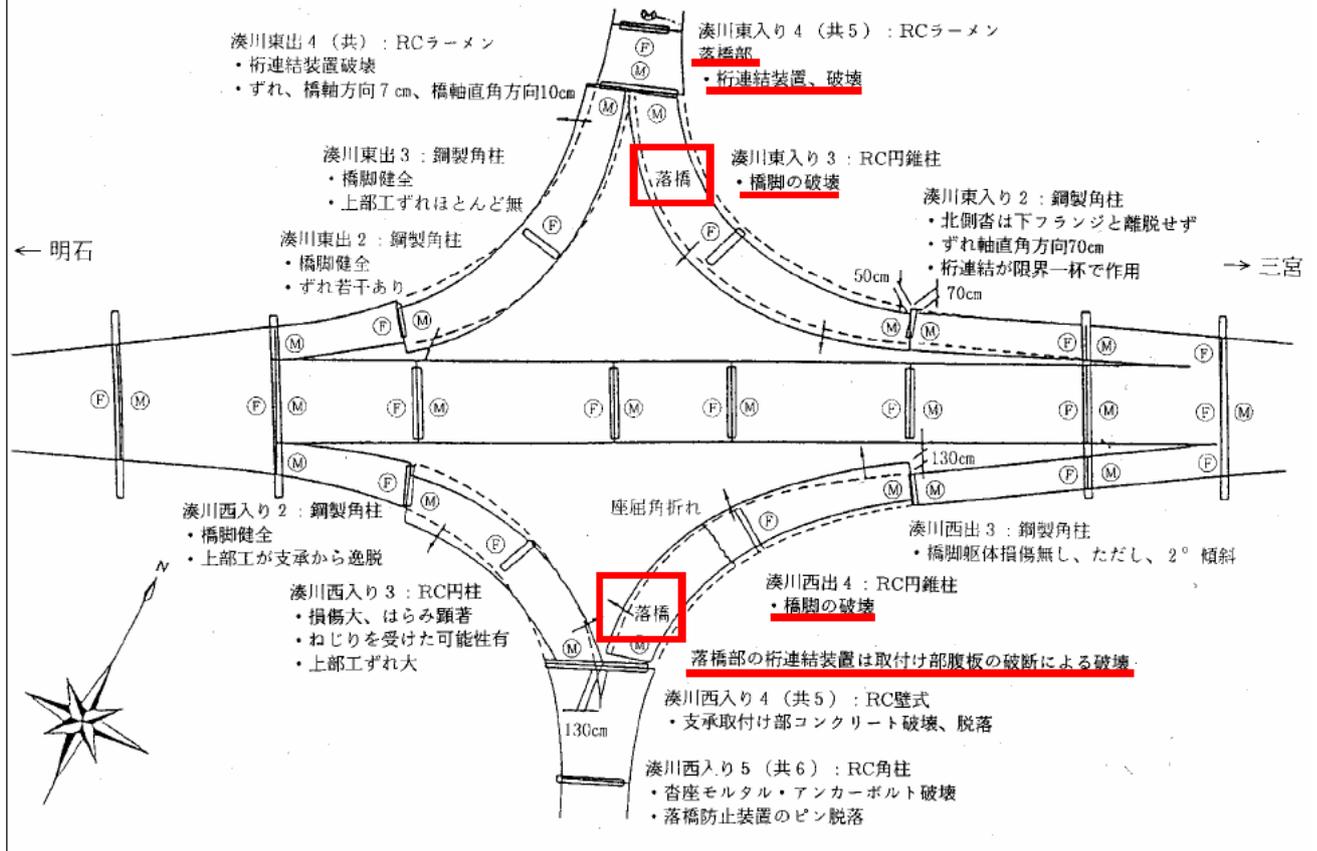
(湊川東入 G3)



(湊川西出 G4)

(湊川東入 G3)

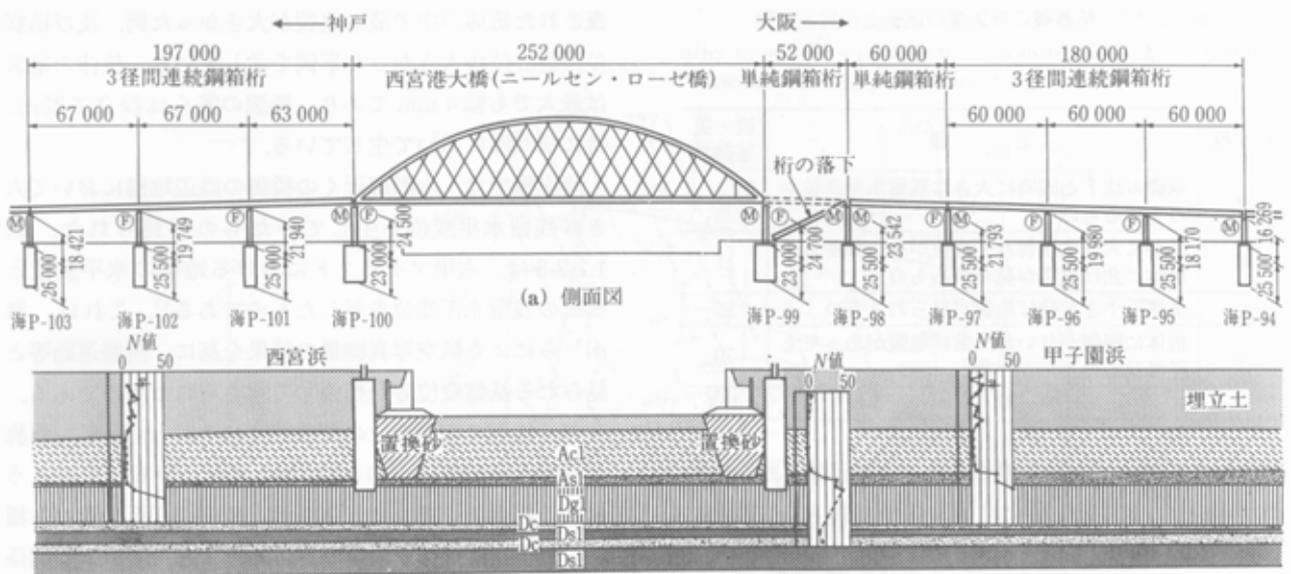
東入りランプおよび西出ランプ部の2径間連続曲線鋼箱桁が落下した。これらの2橋とも、中間支点のRC円錐柱橋脚の段落とし部で破壊していた。



主な参考文献

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会 (土木学会, 地盤工学会, 日本機械学会, 日本建築学会, 日本地震学会) : 阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第1章 橋梁, 土木学会, 1996.12
- ・ 阪神高速道路公団 : 大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌, 1997.9

橋梁名	西宮港大橋アプローチ部
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	阪神高速道路5号湾岸線
構造形式	主橋梁：ニールセンローゼ橋 隣接橋：単純鋼箱桁橋
橋長・支間長・幅員	支間 主橋梁：252m，隣接橋：52m 幅員 27.34m
支承形式	主橋梁：固定+可動，隣接橋：固定+可動
橋脚および基礎形式	橋脚：2柱式鋼製ラーメン橋脚 基礎：ケーソン基礎
地盤	軟弱地盤約20m（埋立て土層約10mおよび沖積粘性土層約10m）
竣工年度	平成5年度（1993年度）
適用示方書・設計水平震度	上部構造・橋脚：平成2年道示 基礎：昭和55年道示 設計水平震度 0.30
落橋防止構造	桁間連結装置（タイバー方式）
被災形式及びシナリオ	桁間の振動位相差と地盤流動化による桁落下 シナリオ（B），C
一般図等	



## 被災状況

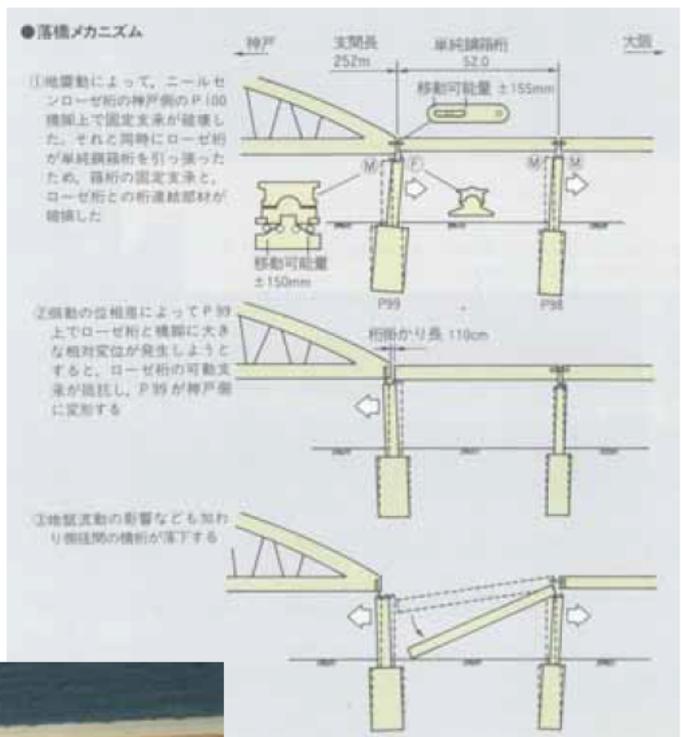
西宮港大橋のアプローチ橋である単純鋼桁橋一連が固定支承側から落下する被害が生じた。単純桁橋とニールセンローゼ橋とを連結していた落橋防止装置も破断等の損傷が生じた。

本橋が位置する甲子園浜の埋立地では、液状化とこれに伴う地盤の側方流動が生じた。護岸近くの流動量は、航路側に向かって1~2mに達すると推定されており、P99 橋脚のケーソン天端の残留変位は9cmとなっていた。

落下した単純鋼桁橋では、P99 橋脚上の3個のピボット杵（固定支承）が全て破壊していた。反対側のP98 橋脚上では、ローラー杵（可動支承）の移動量を超えた相対変位が発生し、ローラーが下杵から逸脱するとともに、セットボルトが破断してベースプレートが下杵から分離していた。



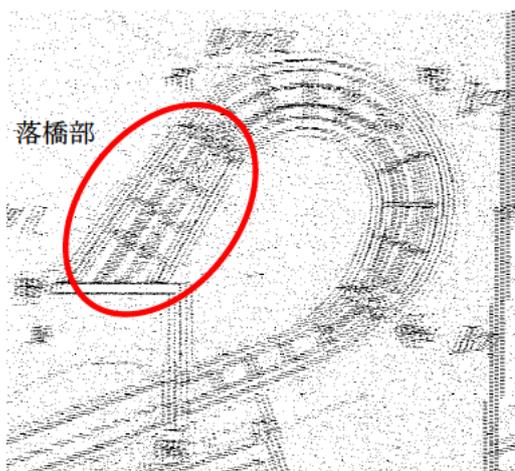
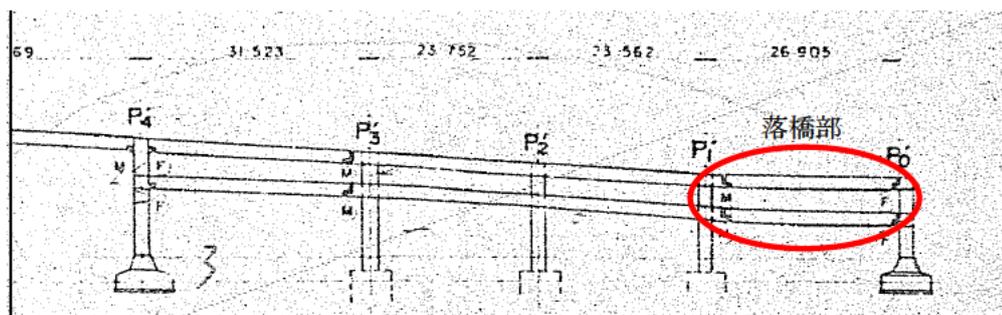
(側方流動による地盤の流動)



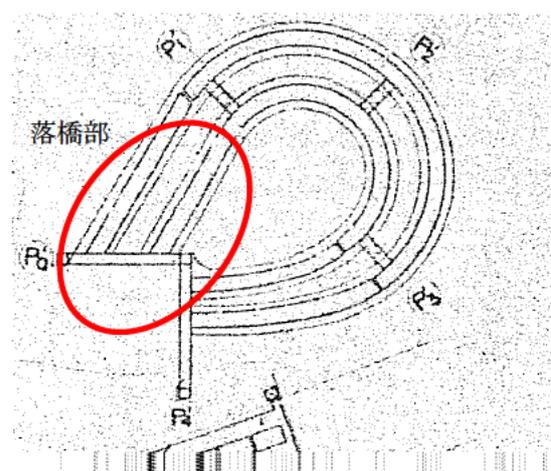
## 主な参考文献

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（土木学会，地盤工学会，日本機械学会，日本建築学会，日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第1章 橋梁，土木学会，1996.12
- ・ 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて 震災復旧工事誌，1997.9

橋梁名	新港第4突堤ポートターミナルランプ
地震名	1995年兵庫県南部地震
路線・地域	ハーバーハイウェイ六甲アイランド線ランプ
構造形式	二層式の鋼単純箱桁（ゲルバー形式）2連および2径間鋼箱桁ラーメン橋
橋長・支間長・幅員	橋長 105.742m 支間 31.523+23.752+23.562+26.905m 幅員 不明
支承形式	固定+可動（別途負反力支承あり）
橋脚および基礎形式	橋脚：門形二層式鋼製ラーメン橋脚，円形単柱鋼製橋脚 基礎：杭基礎
地盤	不明
竣工年度	昭和45年
適用示方書・設計水平震度	適用示方書不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	斜橋の回転と上下部構造の大変位による桁落下 シナリオ (B), (C), D
一般図等	



上層路



下層路

## 被災状況

神戸大橋北側のポートターミナルに繋がるランプ部の1径間が落橋した。当該区間の地震後の計測では、支間が桁がかり長（SE=60 cm）以上に広がった結果となっていた。

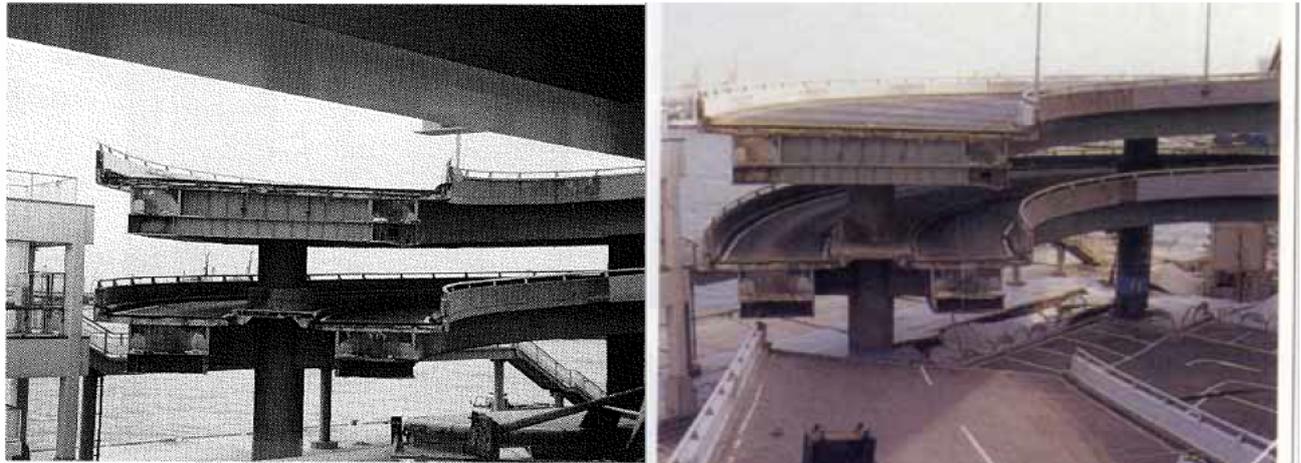
（阪神・淡路大震災調査報告より）

ポートターミナル駐車場に接する上下路2連が落橋した。その原因としては、

- (1) 掛け違い桁で、受け側のブラケットが非常に小さく、桁掛かり長が十分確保出来ていない。
- (2) 曲線橋で地震による橋軸直角方向の力が大きい、橋軸直角方向の落橋防止装置がない。
- (3) 掛け違い部のブラケットに応力が集中した。
- (4) ブラケットの腹板と橋脚横梁のダイヤフラムが橋脚横梁の薄い腹板を介しての応力伝達だったため大きな地震力により腹板のせん断破壊を生じた。
- (5) 支承の耐力が小さい。

等が考えられる。

（神戸港港湾施設復旧誌より）



## 主な参考文献

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会（土木学会，地盤工学会，日本機械学会，日本建築学会，日本地震学会）：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害 第1章 橋梁，土木学会，1996.12
- ・ （社）土木学会：緩衝型落橋防止システムに関する調査研究，土木学会関西支部講習テキスト，2001.
- ・ 神戸市港湾整備局：神戸港港湾施設復旧誌 阪神・淡路大震災をのりこえて（技術編），1998.

橋梁名	原田橋
地震名	2000年鳥取県西部地震
路線・地域	町道 西伯町赤谷
構造形式	鋼単純I桁(斜角あり)
橋長・支間長・幅員	支間 7m 幅員 4m
支承形式	支承設置無し
橋脚および基礎形式	橋台(片側)石積み橋台+コンクリートスラブ
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	橋台の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	

無し

## 被災状況

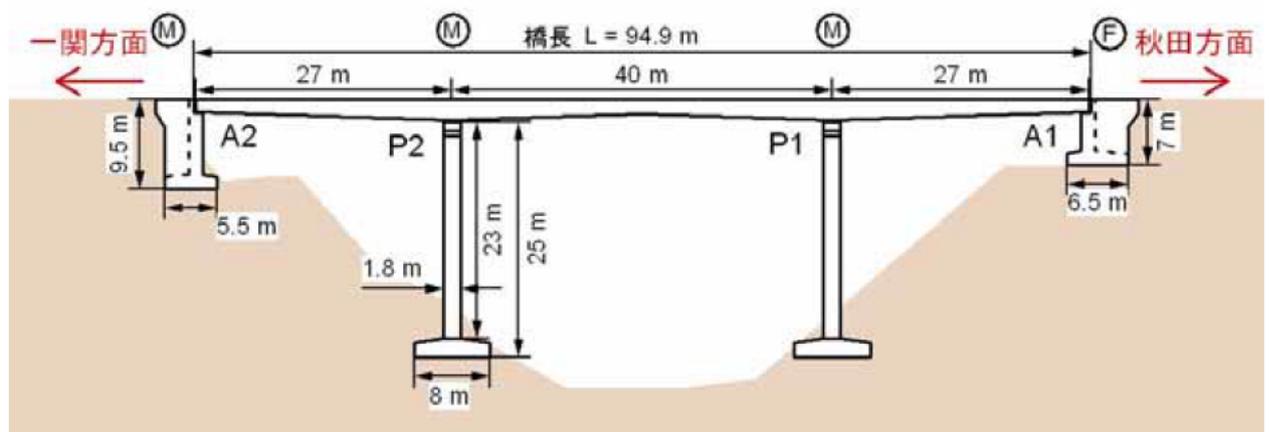
鋼単純I桁の斜橋で、支承が設置されておらず、桁が直接橋台に支持された簡易な構造。片側の橋台については、架けかえ前の木橋時の石積み橋台が利用されており、石積みの上部にコンクリートスラブが設置されていた。調査時点での桁や橋台の状況から判断すると、地震によりこの石積み橋台の桁の鈍角側が始めに崩れて桁が沈降したと考えられる。反対側の橋台は下部からコンクリート構造で施工されており、やや川側に傾いているが、コンクリート橋台自体に損傷は見られなかった。



## 主な参考文献

- ・ 建設省土木研究所：平成 12 年(2000 年)鳥取県西部地震緊急調査報告書，土木研究所資料第 3769 号，2000.12

橋梁名	祭時大橋
地震名	2008年岩手・宮城内陸地震
路線・地域	国道342号
構造形式	3径間連続非合成鋼板桁橋
橋長・支間長・幅員	橋長 94.9m 支間 27.0+40.0+27.0m 幅員 9.0m
支承形式	BP支承 (A1橋台での1点固定式)
橋脚および基礎形式	橋台: 逆T式橋台 橋脚: T型橋脚 基礎: 直接基礎
地盤	不明
竣工年度	昭和53年(1978年)
適用示方書・設計水平震度	適用示方書 不明 設計水平震度 0.15
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	地山の崩壊による大変位と橋脚崩壊による落橋 シナリオA
一般図等	

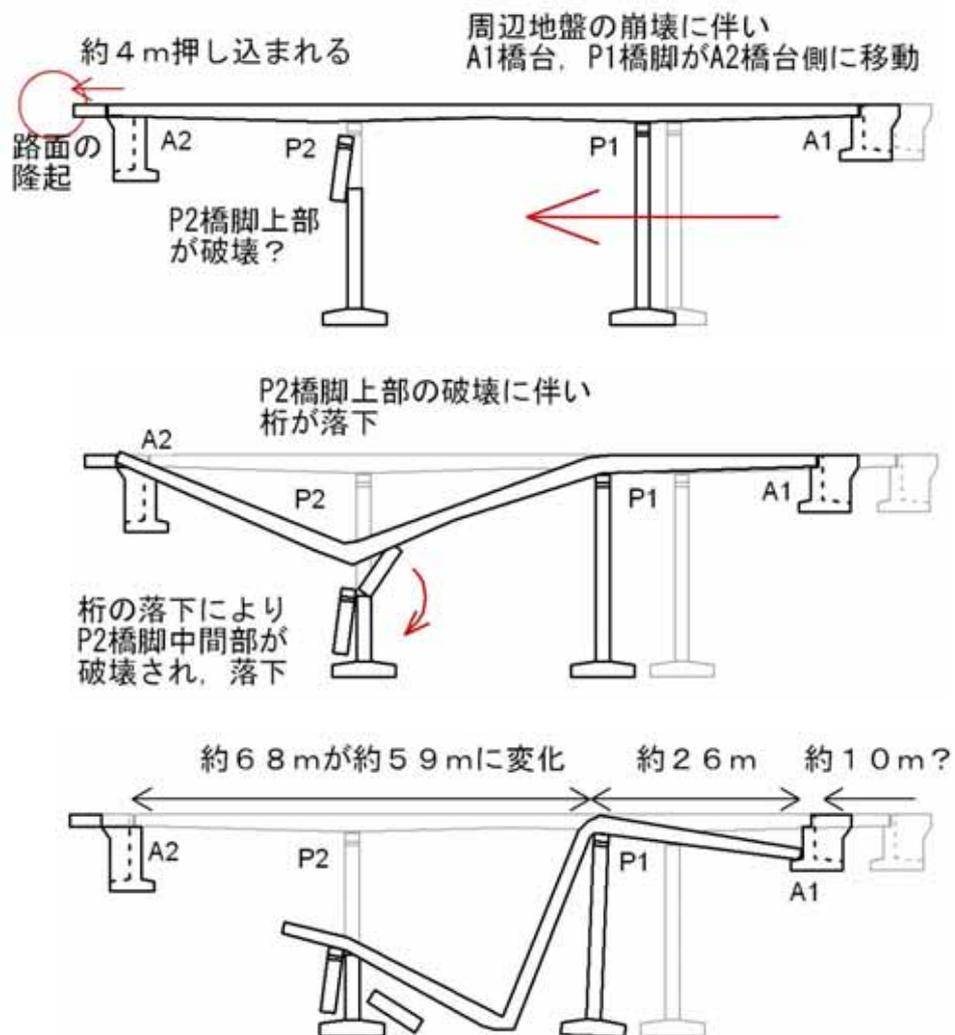


被災状況



祭時大橋の橋台周辺は、各所で地山崩壊が生じており、橋台や橋脚が地盤と共に移動した可能性が高い。特にA1橋台の後方路面における大きな地割れの状況から、A1橋台とP1橋脚がともに前方に移動して橋桁をA2橋台の方へ押し出したことで、P2橋脚とA2橋台の大きな破壊と上部構造の落下につながった可能性が考えられる。なお、変位量については、現地での簡易な測量（1m程度の誤差あり）によれば下記の結果となった。

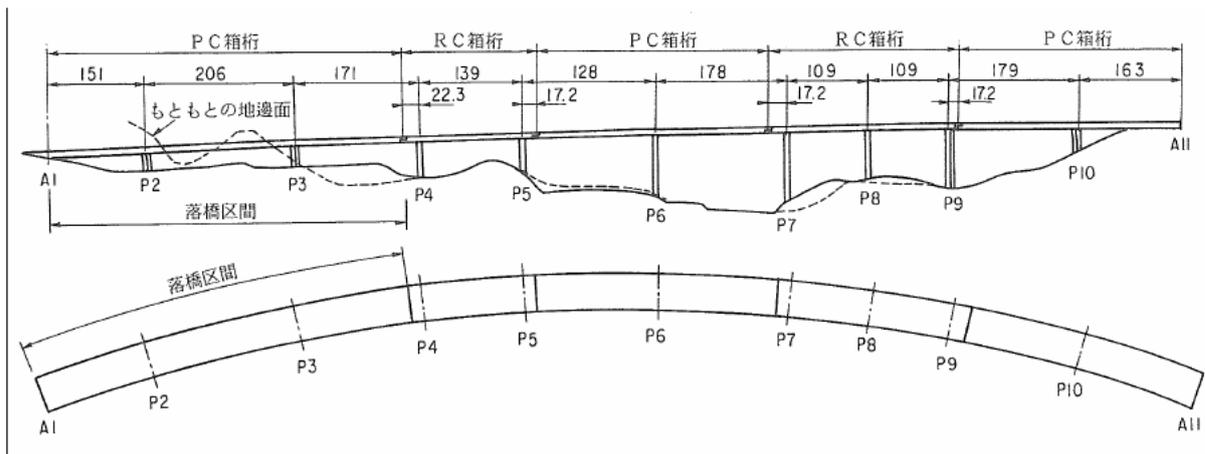
- ・ A1橋台とA2橋台の間は、地震前に約95mであったのが約85mに約10m短縮していた。
- ・ A1橋台とP1橋脚の間は、地震前に約27mであったのが約26mに短縮していた。
- ・ P1橋台とA2橋台の間は、地震前に約68mであったのが約59mに短縮していた。



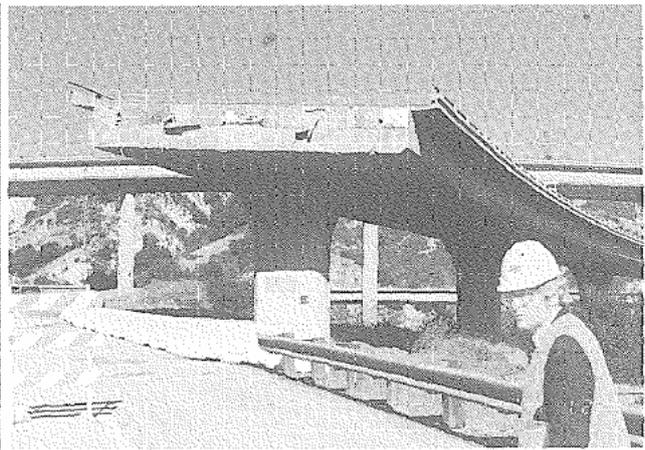
#### 主な参考文献

- ・ 独立行政法人土木研究所：平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震被害調査報告，土木研究所資料第4120号，2008.12
- ・ Unjoh, S., Tamakoshi, T., Ikuta, K. and Sakai, J.: Damage Investigation of Matsurube Bridge during The 2008 Iwate-Miyagi-Nairiku Earthquake, *Proc. 41st Joint Meeting US-Japan Panel on Wind and Seismic Effect*, UJNR, Tsukuba, Japan, 2009. 5

橋梁名	I-5/S-14 インターチェンジ橋 (サウスコネクター)
地震名	1994年米国・ノースリッジ地震
路線・地域	カリフォルニア州
構造形式	RC箱桁, PC箱桁
橋長・支間長・幅員	橋長 482m程度 支間 46.0+62.8+45.3m (落橋区間) 幅員 不明
支承形式	橋脚と桁は剛結, 3, 5, 6, 9 径間目にヒンジ
橋脚および基礎形式	橋脚: 鉄筋コンクリート橋脚 基礎: 不明
地盤	不明
竣工年度	1975年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	ヒンジ部に桁間連結ケーブル
被災形式及びシナリオ	RC橋脚のせん断破壊による倒壊 シナリオ A
一般図等	



### 被災状況

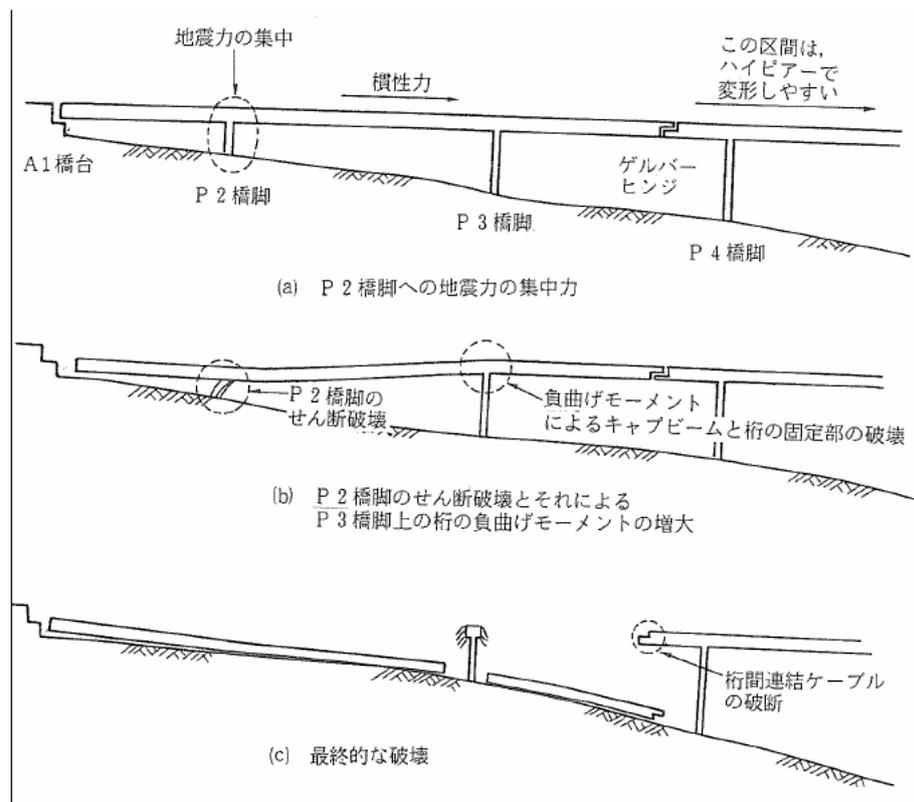


本橋は10径間から成るが、地震により最も南側の3径間が落橋した。まず、橋台A1では橋台からかけ落ちて桁が落下した。橋台の縁端距離は約75cmであるが、ここには落橋防止装置は設けられていなかった。橋軸直角方向の過度な桁の移動を押さえるために、桁の両側に設けられているせん断キーの一方が破断した。P2橋脚は完全に破壊し、橋脚頭部は、ほぼ橋軸方向にP3橋脚側に数フィート移動したといわれている。

P3橋脚は倒壊せず、桁をパンチングシェアしたような被害を生じた。橋脚には1cm程度のクラックが橋軸面に生じたほかは大きな損傷を生じていない。橋脚頭部のキャップビームからずり落ちるようにして桁が落下している。P3とP4橋脚間のヒンジ部にはせん断キーと4本の桁間連結ケーブルが設けられている。せん断キーは損傷しなかったが、桁連結ケーブルは破断した。

被害のメカニズムとしては、最も高さが低く剛性が高いP2橋脚に地震力が集中し、せん断破壊を起こしたことが発端となり、右図のようにして落橋に至ったと考えられる。

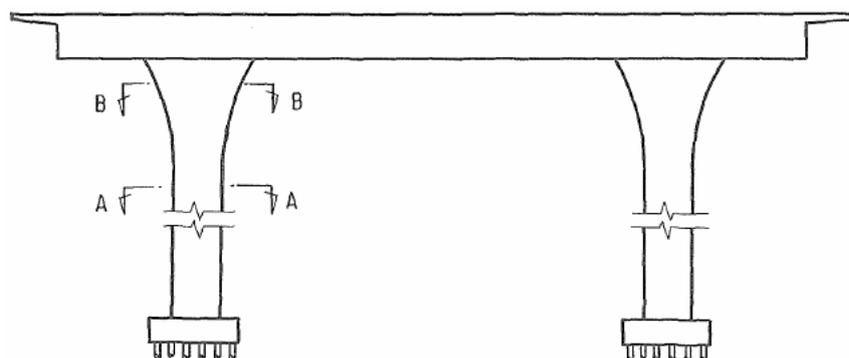
なお、本インターチェンジ橋のノースコネクターも落橋しており、その原因もサースコネクターと同様なことが推定されている。



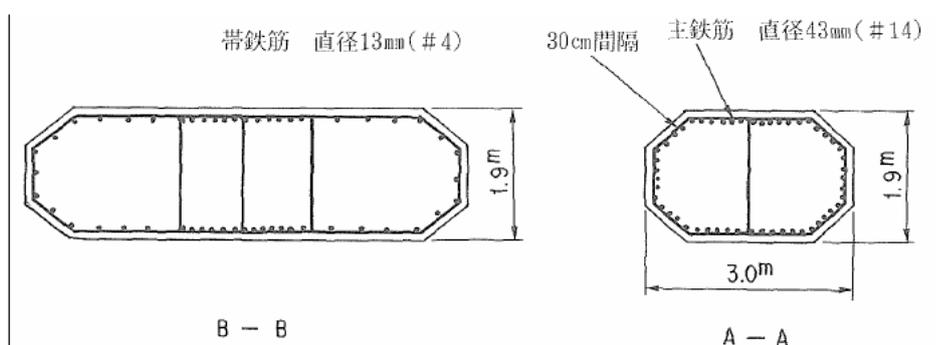
#### 主な参考文献

- ・ 国土庁防災局：1994 ロサンゼルス近郊地震（ノースリッジ地震）の記録，1994.9
- ・ 建設省土木研究所：1994年1月ノースリッジ地震被害調査速報，土木研究所資料第3272号，1994.

橋梁名	Gavin Canyon 橋
地震名	1994 年米国・ノースリッジ地震
路線・地域	カリフォルニア州
構造形式	RC 箱桁 2 径間+PC 箱桁+RC 箱桁 2 径間 (斜角 66°)
橋長・支間長・幅員	橋長 222m程度 支間 不明 幅員 20m
支承形式	橋脚と桁は剛結, 2 径間目と 4 径間目にヒンジ (かけ違い長 20cm)
橋脚および基礎形式	橋脚: 鉄筋コンクリート橋脚
地盤	不明
竣工年度	1955 年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	ヒンジ部に桁間連結ケーブル設置 (1974 年耐震補強)
被災形式及びシナリオ	振動位相差による大変位でヒンジ部にて落下 シナリオ C
一般図等	



橋梁横断面



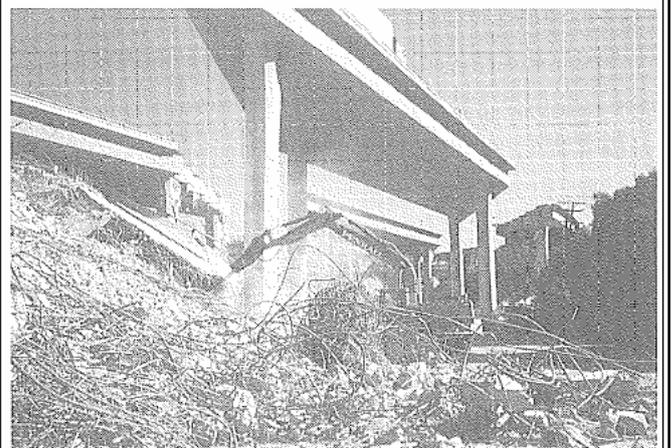
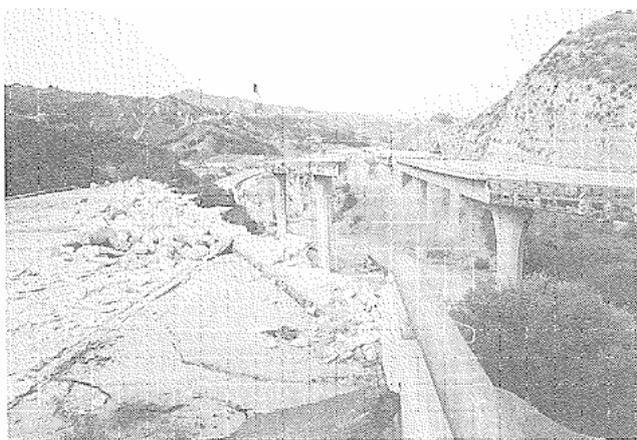
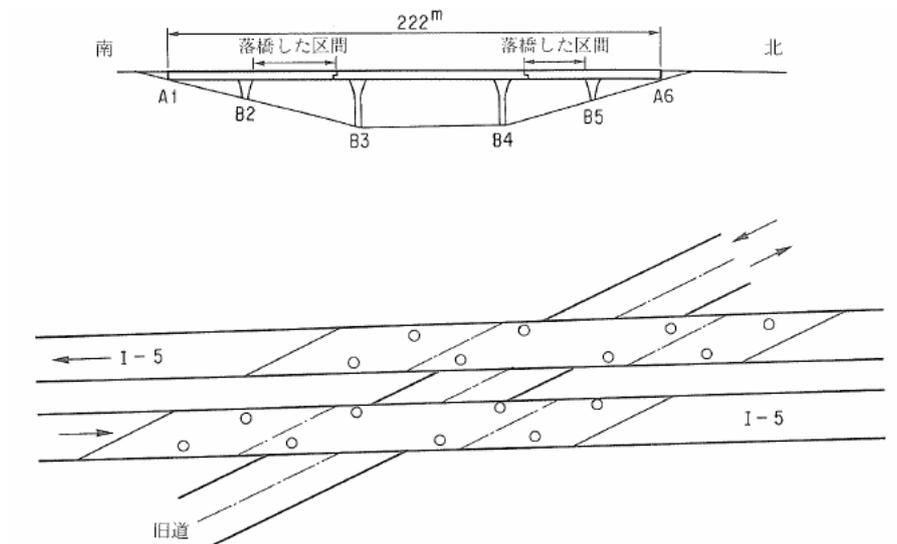
橋脚断面

## 被災状況

この橋は北行き・南行きの2橋からなり、橋の幅員は約20mで、谷を斜めに横切るため66°の斜角となっている。地震により2径間目と4径間目の桁が崩壊し、落橋した。中央部のPC桁部は南行き、北行きの両橋とも被害はなく、橋脚にも被害は生じていない。

桁の崩壊の原因は、桁がかけ違い部からはずれ、片持ち梁の状態になり、桁がその荷重に耐えられなくなったため橋脚付近で曲げ破壊をおこしたためと推定される。桁がかけ違い部からはずれた理由としては、かけ違い長が約20cmと小さいことに加え、設計地震力が小さいために中央の桁を支えるB3,B4橋脚の断面が小さく水平方向にたわみやすい構造系であったことがあげられる。

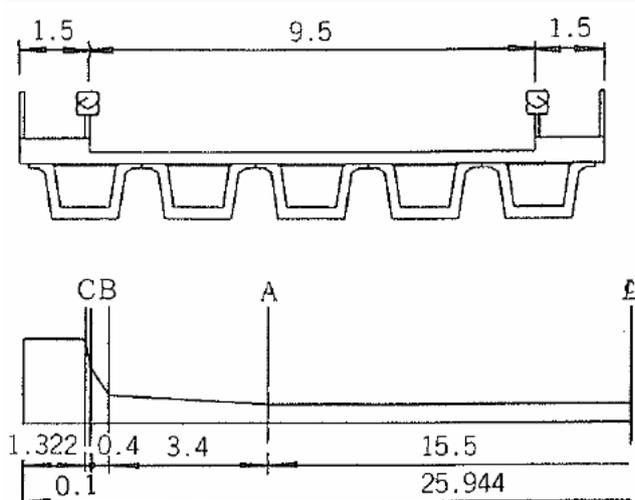
この橋には、ヒンジ部に桁連結用のケーブルが設置されていたが、地震によって桁がかけ違い部から外れたためにケーブルが破断したか或いはケーブルを固定する横桁（ダイヤフラム）から抜け出したのではないかと推定される。



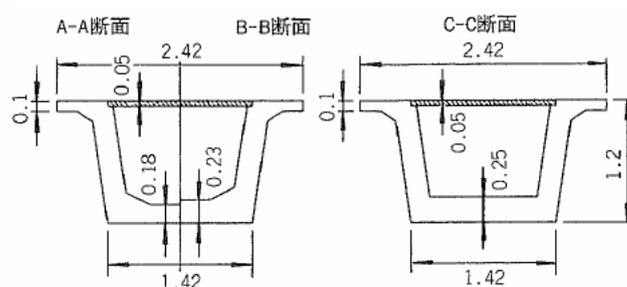
## 主な参考文献

- ・ 国土庁防災局：1994 ロサンゼルス近郊地震（ノースリッジ地震）の記録，1994.9
- ・ 建設省土木研究所：1994年1月ノースリッジ地震被害調査速報，土木研究所資料第3272号，1994.

橋梁名	Arifiye 橋
地震名	1999 年トルコ・コジャエリ地震
路線・地域	不明
構造形式	4 径間単純 PC 斜橋 (斜角 70°), 床版は連続
橋長・支間長・幅員	橋長 104m 程度 支間 4@26m 有効幅員 12.5m
支承形式	積層ゴム支承 (平面 30×30 cm, 厚さ 10 cm, 固定可動の区別なし)
橋脚および基礎形式	橋脚: 鉄筋コンクリート橋脚
地盤	不明
竣工年度	1991 年 4 月
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	断層による橋脚移動 シナリオ B
一般図等	



上部構造断面図



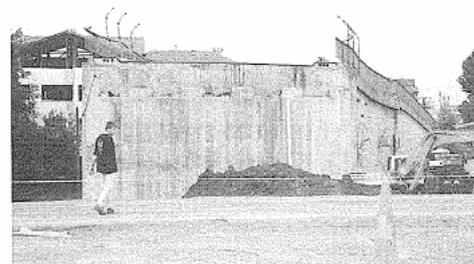
被災状況



Arifiye 橋の落橋



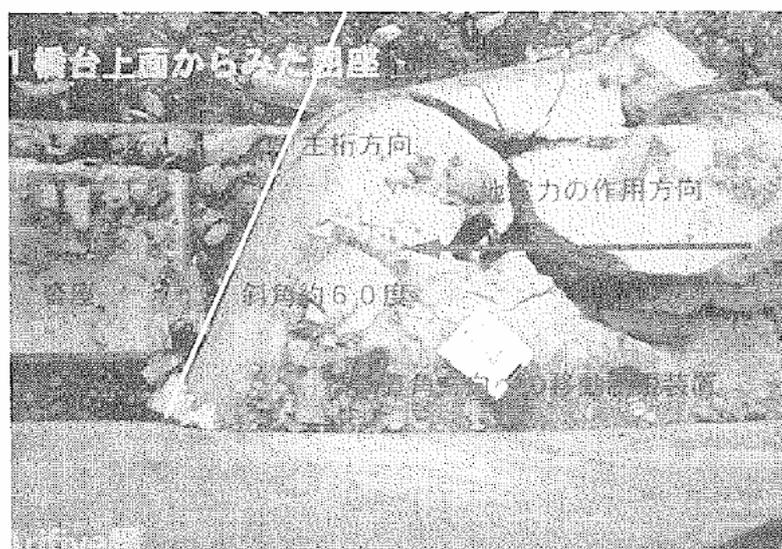
Arifiye 橋 A2 橋台



Arifiye 橋 A1 橋台

被害は、A1～P1間の桁はほぼ水平に、また、P1～P2、P2～P3、P3～A2間の3連の桁がいずれも桁の南端が落下する形で落橋した。A2橋台では、橋軸直角方向の鉄筋コンクリート製桁移動制限装置がボックス桁間と両側面（合計6個）に設置されていたが、東側側面の桁移動制限装置を除いて、損傷していた。クラックの入り具合から見て、東から西に向けて大きな力がA2橋台に作用したことがわかる。A2橋台上には数個のゴム支承が残されていたが、いずれも水平方向に残留変位を生じており、水平方向に大きな力を受けたことを示している。A2橋台側の裏込め盛土に大きな沈下は生じていない。これに対して、北側のA1橋台では裏込め盛土が約1m沈下しており、側面のテールアルメ部においてコンクリートブロックが大きくゆがみ、大きな相対変位が生じていた。ただし、A1橋台では橋軸直角方向の移動制限装置にはそれほど大きな損傷は生じていない。

橋軸方向から約70°の角度で4m前後の断層変位が推定される。これから、A1橋台とP1橋脚間の断層による相対変位は、橋軸方向（A2橋台方向）に1.4m、橋軸直角方向（西側方向）に3.8mと計算される。断層変位が基礎に作用した結果、いずれの桁も橋台もしくは橋脚の端側から落下したのではないかと考えられる。A1橋台位置では橋軸直角方向の桁移動制限装置が殆ど損傷を受けていないのに対して、A2橋台側では西側に向かって桁移動制限装置に力が作用したのは、断層がA1橋台～P1橋脚間を横断したため、この間が単純に落下したのに対して、A2橋台ではP3～A2間の桁がA2橋台と衝突し、このため橋軸直角方向西向きの力が作用したためと考えられる。



A2橋台の桁移動制限装置の損傷

#### 主な参考文献

- ・ 川島一彦・鈴木猛康・橋本隆雄：トルコ・コジャエリ地震による交通施設の被害概要，橋梁と基礎，VoL.34,No.2,2000.2
- ・ 川島一彦・鈴木猛康・橋本隆雄：トルコ・コジャエリ地震による交通施設の被害概要，第3回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム論文集，1999.12
- ・ 川島一彦・橋本隆雄・鈴木猛康：トルコ・コジャエリ地震による土木構造物の被害，東京工業大学土木工学科耐震工学研究グループ Report No.TIT/EERG 99-7，1999.11

橋梁名	長庚橋
地震名	1999年台湾・集集地震
路線・地域	大甲溪
構造形式	5主桁PC構造（桁高2.2m）
橋長・支間長・幅員	橋長 不明 支間 12.0+11@34.7+12.0m 幅員 13.1m
支承形式	ゴムパッド（400×550を6枚重ね）、固定にはφ60×450の鋼棒
橋脚および基礎形式	橋脚：鉄筋コンクリート橋脚 基礎：ケーソン基礎
地盤	不明
竣工年度	1987年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	支承の破壊と桁の移動 シナリオC
一般図等	

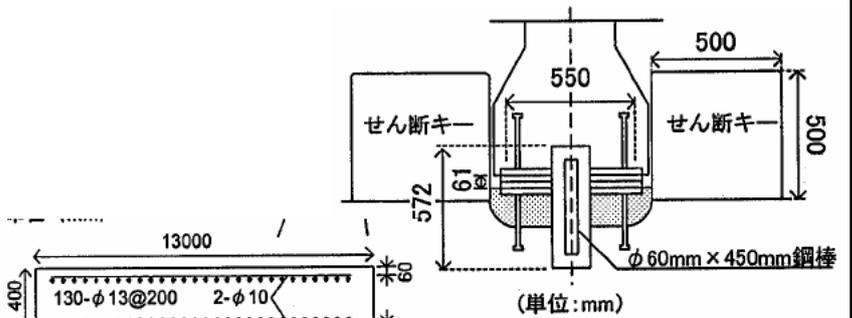
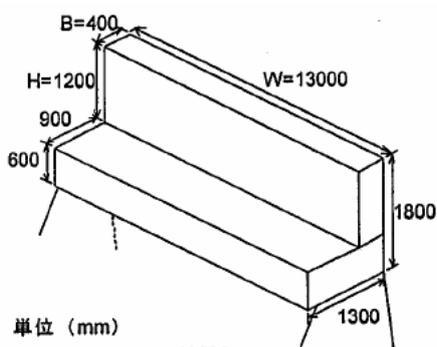
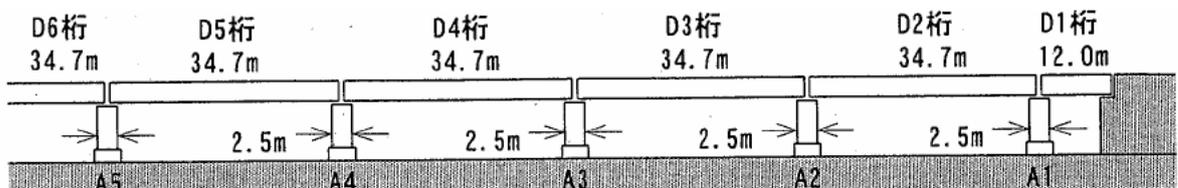


図-3 橋台パラペット部の断面形状

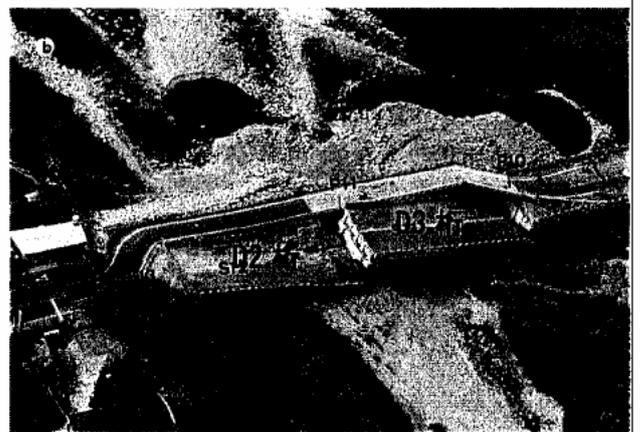
図-4 支承構造図



被災状況



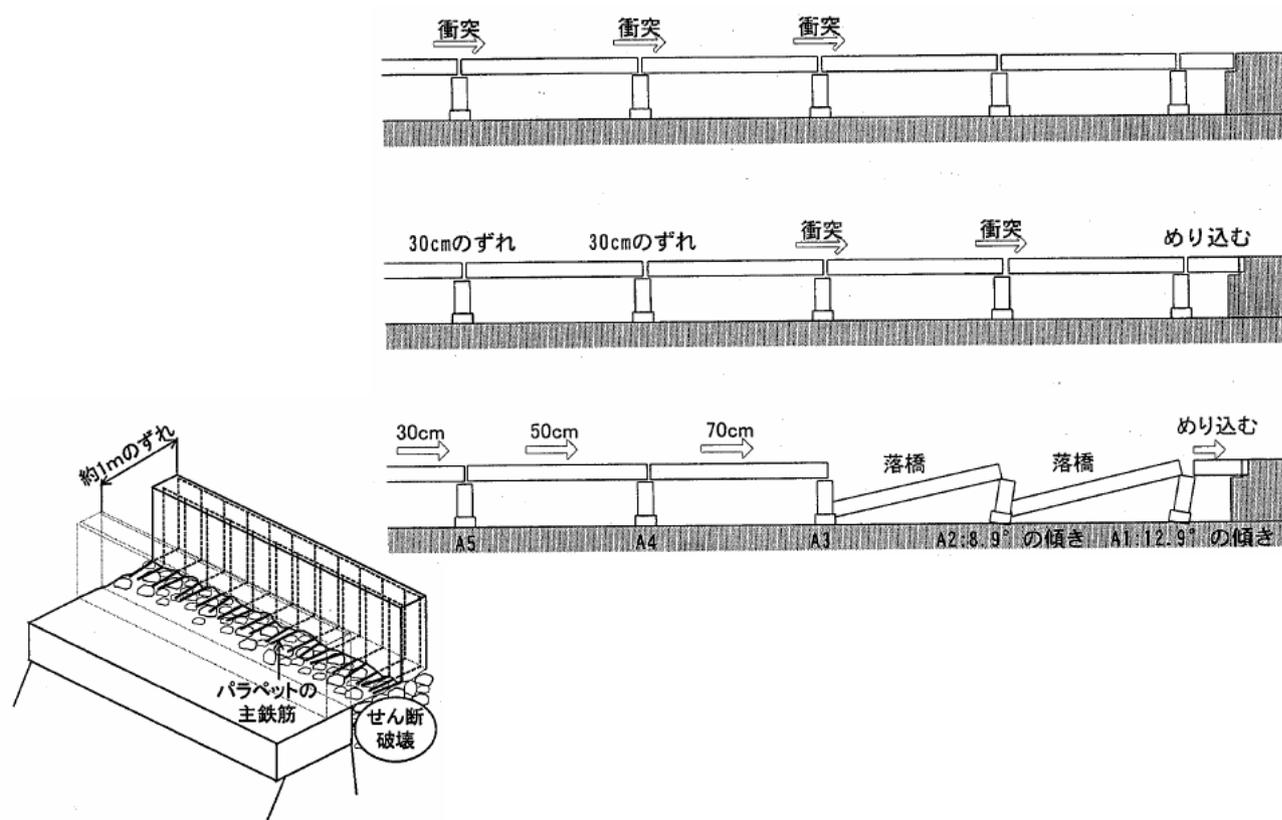
被害状況の全体写真



D2桁, D3桁の落橋

現地では明瞭な断層線が認められなかったが、D1,D2 桁が落橋にいたっている。また、P1 橋脚及び P2 橋脚は傾斜しているが、それ以外の橋脚には損傷がない。橋脚の位置は地震前後で変化していないが、橋脚天端は、橋脚の傾きにより、P3~P2 橋脚間で 80 cm, P2~P1 橋脚間で 40 cm 橋脚基部より広がっている。現地における桁遊間位置と橋脚中心の測定結果から、桁の移動量を推定すると、P6 橋脚上で 30 cm, P5 橋脚上で 30 cm, P4 橋脚上で 50 cm, P3 橋脚上で 70 cm, それぞれの桁は左岸側（南側）に移動している。このことは、P6 橋脚より南側では、橋脚自身は移動していないにも関わらず、それぞれの桁自身が移動したことを示している。また、落橋桁反対側の右岸側付近の桁でも、桁同士がぶつかり合い、桁端部が損傷するとともに、桁遊間がない状態となっていた。なお、A1 橋台パラペットが曲げ変形することなく、約 1m 背面土側にめり込む被害が生じており、基部の主鉄筋も破断している。基部はせん断破壊したと推定される。

落橋のメカニズムとしては、①慣性力により支承が破壊し、桁端における衝突を繰り返し、A1 橋台方向に桁が移動した。②D1 桁が橋台パラペットに衝突し、パラペットが 1m 背面にめり込む。③桁がさらに移動し D2,D3 桁が落下。④桁落下ともない橋脚が傾斜。なお、橋脚の地震時保有水平耐力の照査結果によると、平成 8 年道路橋示方書を満足するものである。

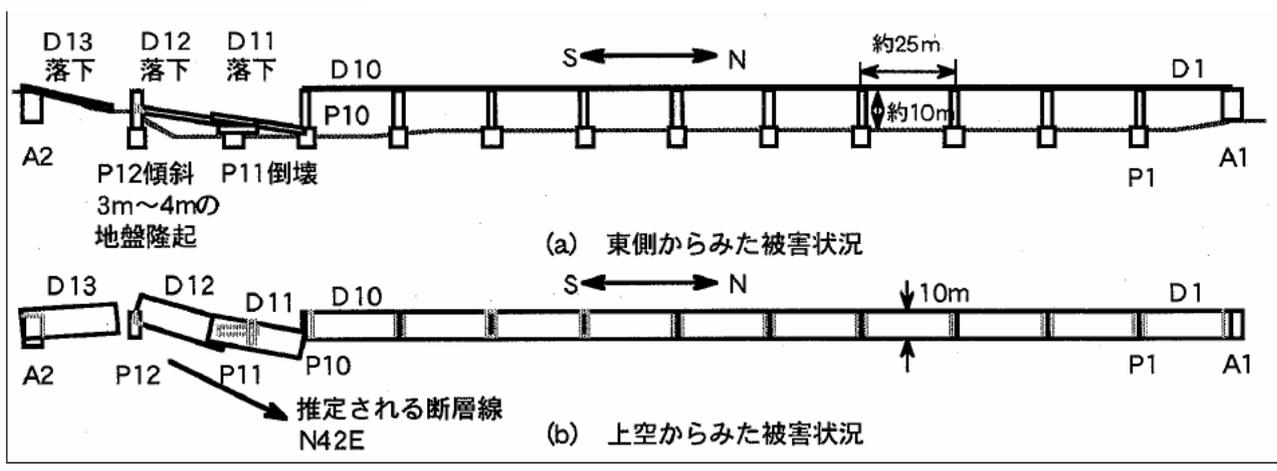


長庚橋台部の損傷

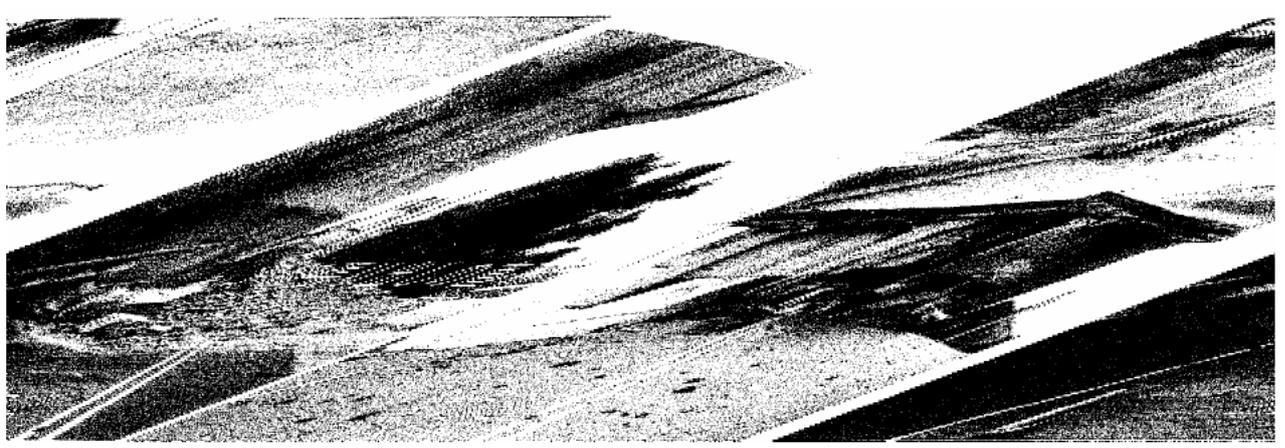
#### 主な参考文献

- ・ 土木学会地震工学委員会地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会：地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発（小委員会研究報告書） 13 章 台湾地震による被害と解析，2001.3
- ・ 筑波大学・京都大学・九州工業大学他橋梁被害共同調査団：1999 年橋梁被害分析中間報告書,2003.3

橋梁名	卑豊橋
地震名	1999年台湾・集集地震
路線・地域	大甲溪
構造形式	鉄筋コンクリートI桁
橋長・支間長・幅員	橋長 325m程度 支間 13@25.0m 幅員 10m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：鉄筋コンクリート（断面 4.8×2m，高さ 10m）
地盤	不明
竣工年度	1991年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	断層の地盤の隆起による橋脚の転倒 シナリオ A
一般図等	



被災状況



卑豊橋 D11, D12, P11 の被害

卑豊橋 D12 の P12 からの落下

上流川側の河床で断層による5m~6m程度の隆起を生じ、滝が出現するという特異な地殻変動を生じた。

A2,P12,P11は3~4m隆起しており、また、P1~P10に比較して、P12は約3.5m、またA2は約4.0mそれぞれ西側（下流側）に移動した。断層はA2~P10の間にある幅を持って大きな地盤変位を生じさせた。

地震後には、P11が一番下側に横倒しとなり、この上にD12の北端が、さらにその上にD11の南端が落下している。D13は、南端をA2上に支持されたまま、北端がP12から落下し、その桁端が橋脚から6.6m離れた位置にある。

#### 被害メカニズムの推定

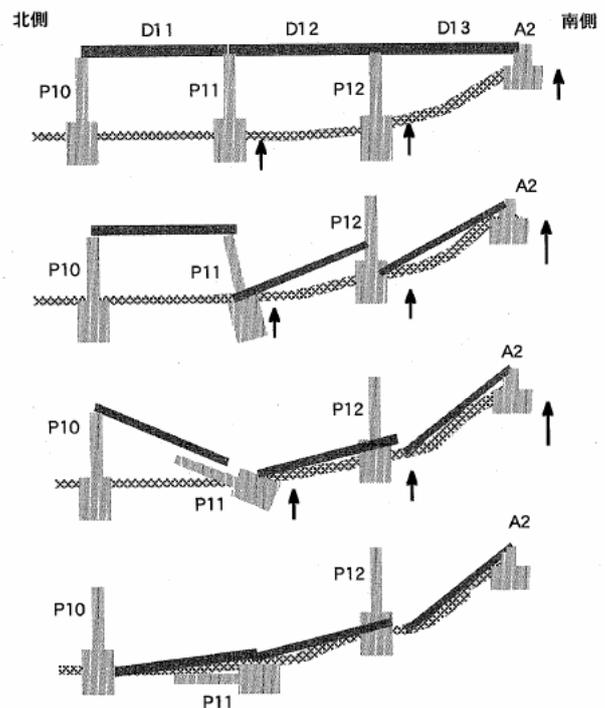
①A2~P12間に断層破壊が生じ、これに伴ってP11,P12位置でも地盤が隆起すると同時に西側（下流側）にずれた。

②P11が最初に北側に大きく回転し傾斜した。

③このため、D12の北端がP11から落ち、さらに南端もP12から落ちて、北端は倒壊後のP11上の基礎側面上に落下した。P11に対してP12は西側（下流側）により大きく変位したため、D12は時計回りに回転した。

④P11の倒壊により、D11も南端から落下し、さらに北端もP10から落下した。

⑤D13はP12~A2間の距離が開いたために、北端がP12から落下した。このとき、A2にひきずられる形で、西側に4m移動して落下した。

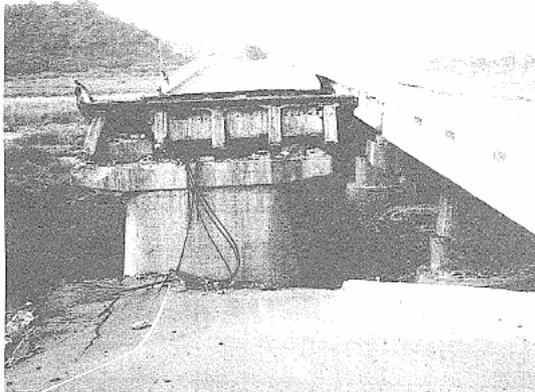


#### 主な参考文献

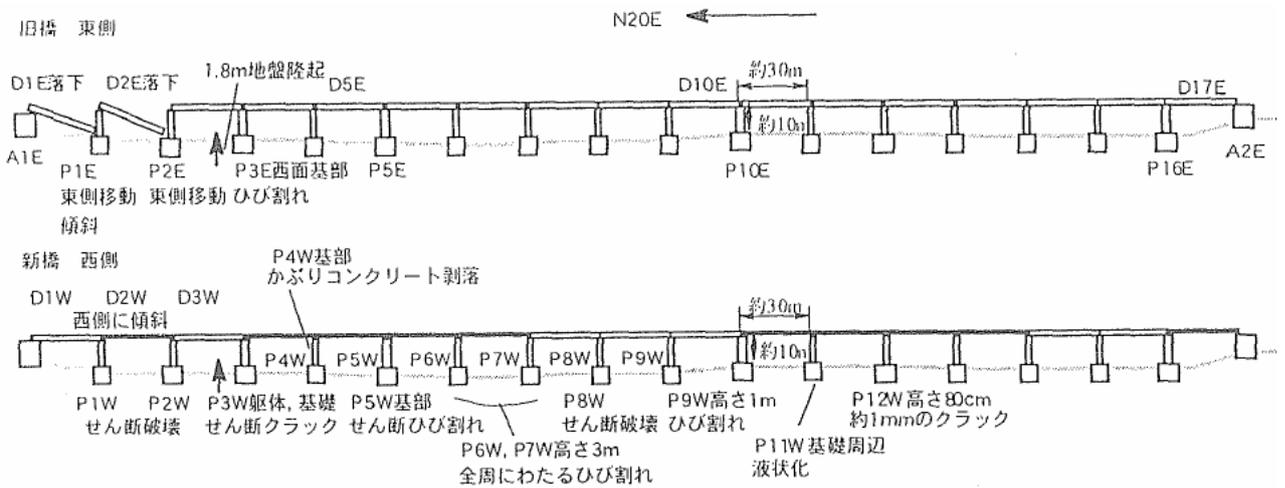
- ・ 土木学会地震工学委員会地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会：地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発（小委員会研究報告書） 13章 台湾地震による被害と解析，2001.3



被災状況



烏溪橋の橋脚（左側が旧橋，右側が新橋）

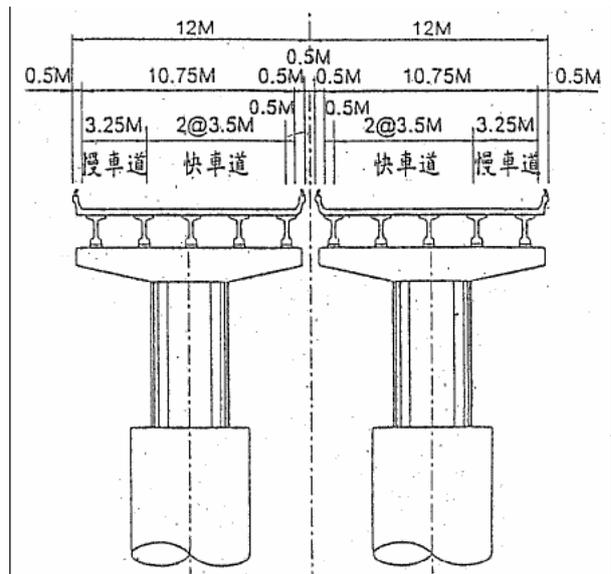


P2 橋脚と P3 橋脚の周辺で橋梁を斜めに横断するように断層が生じており、ここで、水平及び鉛直方向に約 2m のずれによる断層変位が生じた。その結果として、桁が橋台側に押し込まれ、取り付け盛土がジョイント部で盛り上がりとともに、旧橋側では、橋台から最初の桁が P1 橋脚で落下、2 つめの桁も P2 橋脚側が落下した。細かく見ると、P1 橋脚、P2 橋脚は断面が大きく重力式に近い橋脚であり、ひび割れが生じたり、ひび割れがわずかに開くなどの被害が生じているが、被害自体は必ずしも顕著ではない。また、落下した桁の支承部も損傷しており、桁が水平方向に移動しているのが確認される。一方新橋側は、かろうじて上部構造は落下していないが、P1, P2 橋脚ではせん断破壊が生じ、大きくコンクリートが破壊するとともに、破壊部において大きなずれが水平方向、橋台方向に生じた。さらに P3 橋脚はケーソン橋脚が傾斜するとともに躯体に大きなひび割れ損傷が生じた。

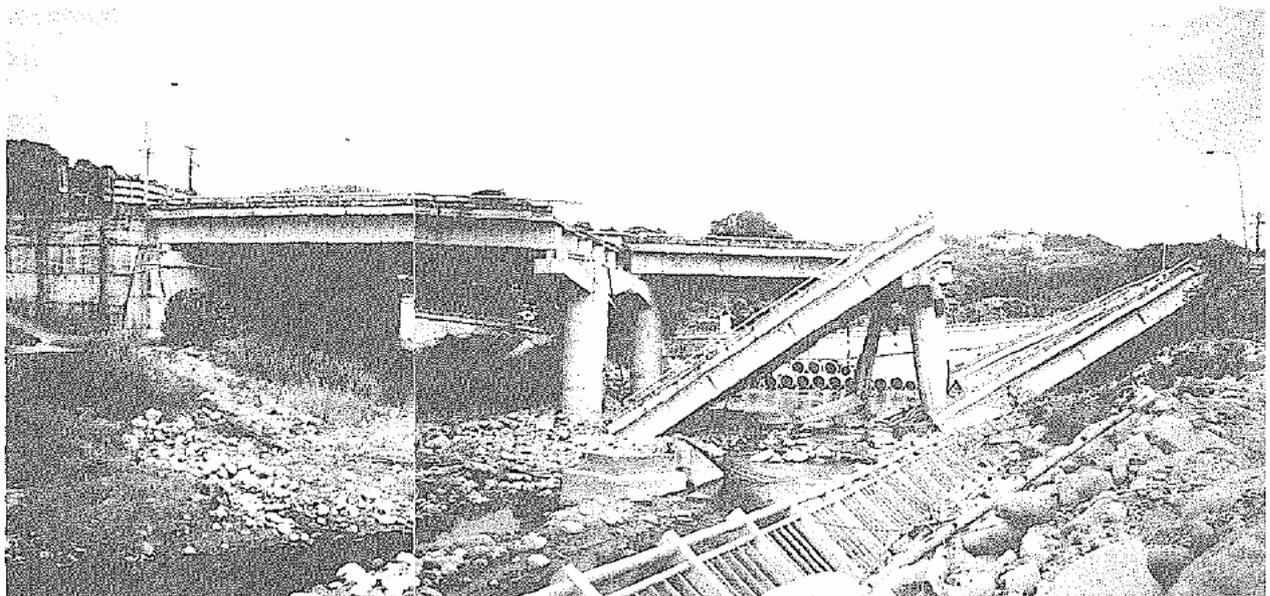
主な参考文献

- ・ 土木学会地震工学委員会地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会：地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発（小委員会研究報告書） 13 章 台湾地震による被害と解析，2001.3

橋梁名	石圍橋
地震名	1999年台湾・集集地震
路線・地域	台3線
構造形式	RC単純5主桁（I桁），3径間単純曲線橋（斜角55～85°）
橋長・支間長・幅員	橋長75m 支間3@25.0m 幅員12.5m
支承形式	ゴムパッド支承
橋脚および基礎形式	橋脚：鉄筋コンクリート小判型橋脚 基礎：ケーソン基礎
地盤	不明
竣工年度	1994年9月
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	断層による橋脚移動 シナリオB
一般図等	

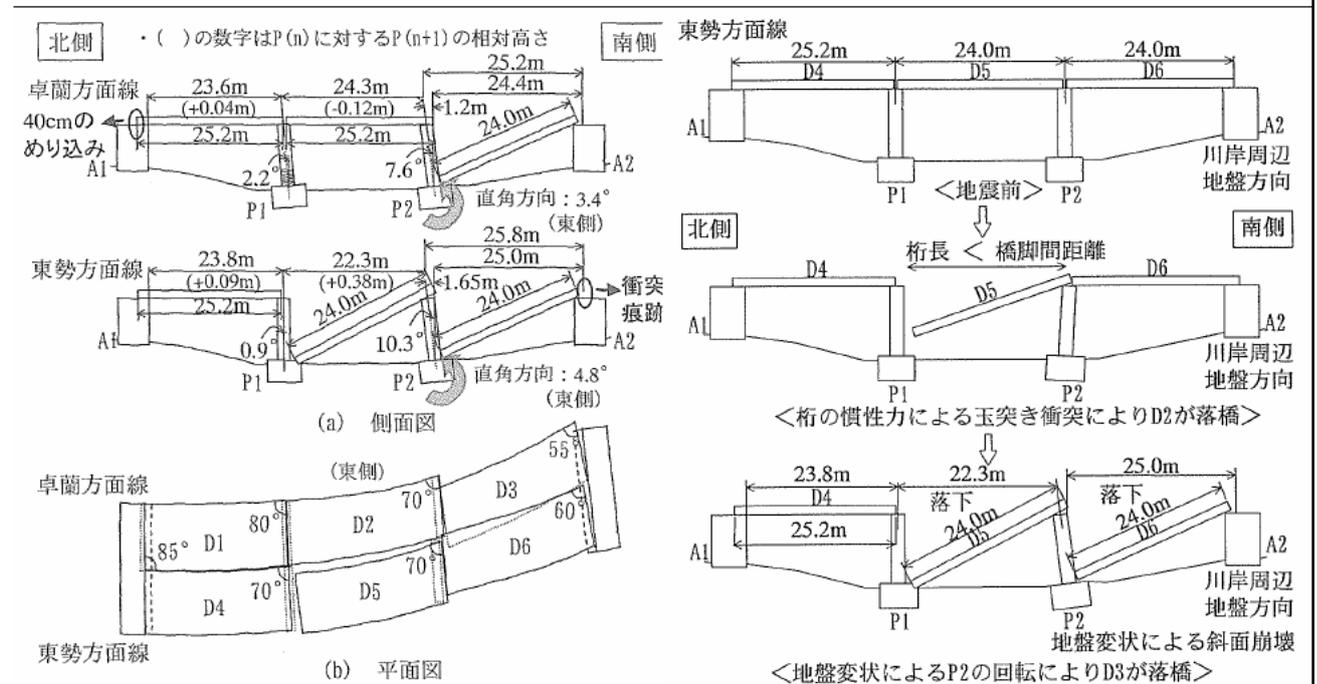


被災状況



本橋は、大甲溪支流を渡河する上下線分離の橋である。東勢方面線では、D5とD6の北側の桁端部がそれぞれP1とP2より落橋している。また卓蘭方面線でもD3北側桁端部がP2より落橋している。いずれも、A1橋台上では、桁が衝突し、ゴム支承が沓座からずれ落ち、サイドブロックも損傷している。東勢線のP2は橋脚基部に曲げひび割れを生じるとともに、基礎が大きく回転し、P1側10.3°、橋軸直角方向東側に4.8°傾斜している。卓蘭線のP2は橋脚自体の大きな損傷はないが、基礎が大きく回転し、P1側に7.6°、東側に3.4°回転している。本橋は右岸側(A2側)の川岸で大きな斜面崩壊が生じており、断層の影響を受けた可能性もある。

D3およびD6の落橋は、右岸側の斜面崩壊によりP2基礎が回転し、北側に大きく変位したことが原因である。D5けたは、慣性力と地盤変位の複合的な作用により、橋軸方向に40cm近く変位し、さらに桁の回転挙動により、P1橋脚上の桁かかり長を越えて落橋に至った可能性が高い。



主な参考文献

- ・ 土木学会地震工学委員会地震時保有耐力法に基づく耐震設計法の開発に関する研究小委員会：地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計法の開発（小委員会研究報告書） 13章 台湾地震による被害と解析，2001.3

橋梁名	(複数)
地震名	2004年スマトラ沖大地震
路線・地域	Banda Aceh
構造形式	単純桁橋他
橋長・支間長・幅員	橋長 約 20m他
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波による流出 シナリオ E
一般図等	

無し

## 被災状況

下部構造にせん断突起を設置して橋軸直角方向に桁を固定していた橋梁では、津波による流出を免れたものがあったが、津波により流出した橋梁の幾つかには、せん断突起は設けられていなかった。



流出した桁の復旧作業



津波により崩壊した木橋の石造りの下部構造の痕跡



流出には至らなかったが、津波により橋軸直角方向に桁が移動したコンクリート橋



左の写真のコンクリート橋の支承部

## 主な参考文献

- Unjoh, S. : Damage investigation of bridges affected by Tsunami during 2004 north Sumatra Earthquake, Indonesia, *Proc. of 4th International Workshop on Seismic Design and Retrofit of Transportation Facilities*, MCEER, CD-ROM, San Francisco, CA, USA, 2006. 3

橋梁名	不明
地震名	2004年スマトラ沖大地震
路線・地域	Lhoknga
構造形式	2径間単純トラス橋
橋長・支間長・幅員	不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：壁式 RC 橋脚
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波による流出 シナリオ E
一般図等	

無し

## 被災状況

桁は支点部において、1本のボルトで固定されていたが、津波に抵抗できるだけの強度がなかったために曲がり、結果桁が上流側に流出した。



左：津波により流出したトラス桁

右：支点部は1本のボルト（矢印）で下部構造に固定されていた



流出したトラス桁の跡に架けられた仮橋

## 主な参考文献

- Unjoh, S. : Damage investigation of bridges affected by Tsunami during 2004 north Sumatra Earthquake, Indonesia, *Proc. of 4th International Workshop on Seismic Design and Retrofit of Transportation Facilities*, MCEER, CD-ROM, San Francisco, CA, USA, 2006.

橋梁名	(多数)
地震名	2004年スマトラ沖大地震
路線・地域	Banda Aceh to Meulaboh
構造形式	トラス橋他
橋長・支間長・幅員	不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	津波による流出 シナリオ E
一般図等	

無し

被災状況



左：津波により流出した橋梁部

右：流出したトラス桁

Banda Aceh と Banda Aceh の南約 250 k m に位置する Meulaboh を結ぶ海岸線の道路は、二つの町を結ぶ唯一の道路であったが、津波により延べ 56.6 k m の区間が通行不能に、延べ 126.7 k m の区間が損傷を受けた。また、186 ある橋梁のうち、81 橋が流出もしくは甚大な損傷を受けた。

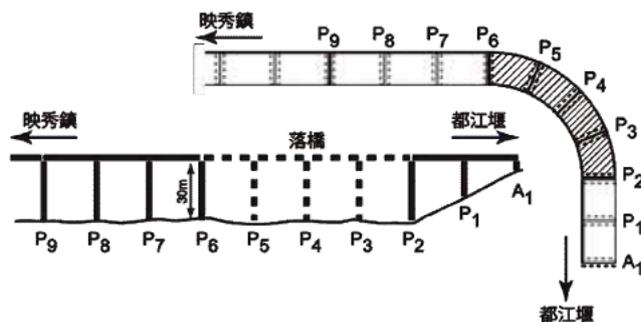


#### 主な参考文献

- Unjoh, S. : Damage investigation of bridges affected by Tsunami during 2004 north Sumatra Earthquake, Indonesia, *Proc. of 4th International Workshop on Seismic Design and Retrofit of Transportation Facilities*, MCEER, CD-ROM, San Francisco, CA, USA, 2006.

橋梁名	百花大橋
地震名	2008年中国・四川地震
路線・地域	国道213号線（映秀鎮～都江堰市）
構造形式	2～4径間連続PCスラブ桁
橋長・支間長・幅員	橋長 約500m 支間 不明 幅員 不明
支承形式	ゴム支承
橋脚および基礎形式	橋脚：2柱(円形)式RCラーメン橋脚，脚頂部横梁：端部有，中間無 基礎：不明
地盤	不明
竣工年度	2004年12月
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	橋脚の倒壊による落橋 シナリオA

一般図等



百花大橋と地震による落橋部



P6, P7 橋脚の損傷と桁移動

被災状況



落橋直後の百花大橋



地震直後の百花大橋落橋部

P6 では中間横梁が脱落し、橋脚頂部では桁が山側に残留移動している。また、P7 では橋脚柱との接合部で中間及び下部横梁に大きなクラックが入っており、橋脚柱が山側に傾斜しているのがわかる。

P5 橋脚は中間橋脚であるため、頂部に横梁がなく、中間部のみに1m角の断面の横梁がある。横梁が橋脚柱から外れ、橋脚柱も途中で折れて2つに分離している。横梁は縦に6本、横に5本とわずかに18本の鉄筋によって橋脚柱に結合されていた。横梁の鉄筋は橋脚柱から引き出された鉄筋と重ねて溶接接合されている。また、橋脚柱から外れた横梁の接合面は極めてなめらかで、横梁が橋脚柱と一体化されておらず、塑性ヒンジが柱梁接合部に全く形成されていないことを示している。

さらに、橋脚柱においては、軸方向鉄筋がD29程度であるのに対して帯鉄筋はφ10を300mm程度に配置しただけであり、横拘束効果がほとんど発揮できず、橋脚柱の破壊を防止できなかったと考えられる。また、上述した橋脚柱・横梁接合部と同様に、橋脚柱においても軸方向鉄筋は重ねて溶接接合されていた。

以上より、落橋のメカニズムを推定する。まず地震動により橋脚は橋軸直角方向に振動し、中間横梁・橋脚柱接合部が損傷した。橋脚頂部は桁と固定されていないため、横針の損傷により安定を失い、さらに大きく変位した。曲線部は複雑に応答するため、橋軸方向にも変形し、桁掛かり部から外れて桁が落下した。橋脚が半分に折れたのは、橋脚柱・横梁接合部の損傷が進むと同時に、橋脚上に桁が落下したためと考えられる。



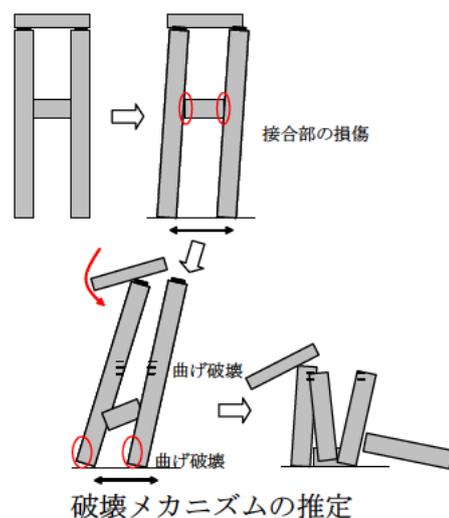
落橋部の橋脚損傷状況 (P5 橋脚)



橋脚と橋梁接合部の分離 (P5 橋脚)



橋梁と接合されていた橋脚柱の固定部



主な参考文献

- ・ 高橋良和, 川島一彦, 呉智深, 葛漢彬, 張建東: 中国四川地震による百花大橋および回欄立交橋の被害, 第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.91-96, 2009

橋梁名	廟子坪橋
地震名	四川地震
路線・地域	成汶高速道路(成都～汶川), 紫坪壩ダム
構造形式	2径間連結 PCT 桁 + 3径間連続 PC ラーフ桁 + 5・4・4径間連結 PCT 桁
橋長・支間長・幅員	橋長 1440m 支間 3径間連続ラーフ橋中央支間 220m, 桁橋部 50m 幅員 不明
支承形式	桁橋部 ゴム支承(オール弾性支持方式)
橋脚および基礎形式	橋脚: 不明 基礎: 杭基礎
地盤	不明
竣工年度	施工中
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	なし
被災形式及びシナリオ	下部構造の変位と上部構造の応答による桁落下 シナリオ(B), C
一般図等	



廟子坪橋と落橋したスパン



落橋部

## 被災状況

5 径間連結橋のうち、ラーメン橋とは反対側に位置する 1 径間が落橋した。地震後の測量によれば、本支間では橋脚天端位置で約 690mm だけ橋脚間の水平距離（残留変位）が広がったと言われている。橋脚天端の張り出し部には、桁の落下に伴って生じた大きな損傷が残っている。明らかに桁はここから滑り落ちて落下していったと考えられる。一方、これとは反対側の床版の損傷は、床版が引きちぎられる形で桁が落下していったことを示している。積層ゴム支承の抜け出しやサイドブロックの損傷等、大きな桁変位が生じたことを示す損傷が随所に残っており、こうした大きな桁変位に伴い、5 径間連結桁の一番端部において、桁かかり長を上回る応答変位が生じ、落橋したと考えられる。



桁が落下し始めた側の支承部

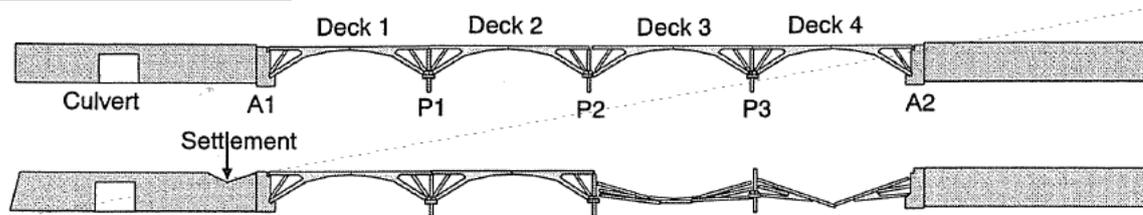


引きずられて桁が落下した側の床版の損傷

## 主な参考文献

- ・ 川島一彦，高橋良和，葛漢彬，呉智深，張建東：中国四川地震による廟子坪大橋及び小魚洞橋の被害，第 12 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.97-104，2009

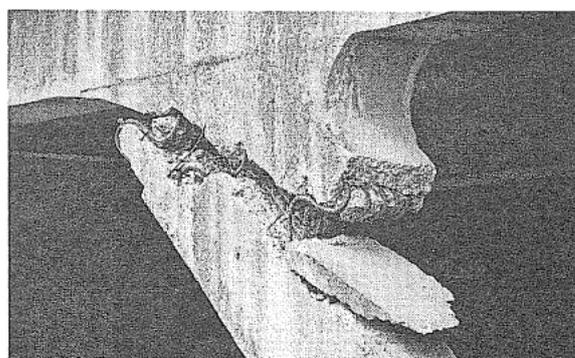
橋梁名	小魚洞橋
地震名	2008年中国・四川地震
路線・地域	彭白道路(彭州～龍門山鎮)
構造形式	4径間連続方杖ラーメン橋
橋長・支間長・幅員	橋長 187m 支間長 約40m 幅員 12m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	橋脚：2脚1層式ラーメン橋脚 基礎：杭基礎
地盤	不明
竣工年度	1998年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	



小魚洞橋の被害



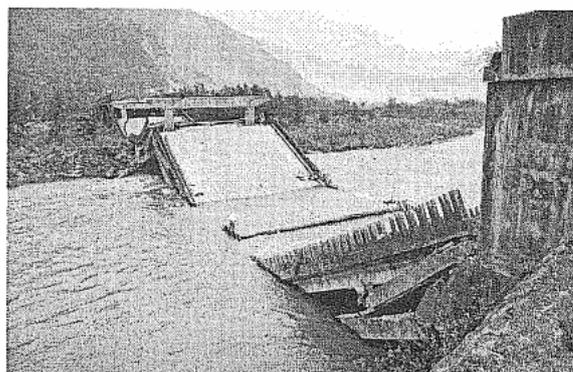
A2部におけるラーメン脚及び斜材の被害



桁との接合部に近い斜材の破壊



A2橋台から落下した桁4



A2橋台（上流側）から見た桁4

## 被災状況

桁はラーメン脚のほかに斜材によって支持されている。一方、下部構造は2基のRC杭で支持された2脚1層式ラーメン橋脚で、ラーメン橋脚天端の横桁により桁端は単純支持されている。杭頭はフーチングではなく、パイルキャップで結合されており、これにラーメン橋脚、ラーメン脚、斜材が剛結されている。このような構造では、ラーメン脚からパイルキャップに伝達される橋軸方向水平力のバランスが重要であり、これが崩れると、杭基礎のバランスが失われ、杭が傾斜する可能性が高い。

左岸側（彭州側）から右岸側（龍門山鎮）に向けて桁、橋脚、橋台番号を打つと、桁1、桁3及び桁4が落橋した。桁1ではA1橋台側のラーメン脚及び斜材の基部が破壊し、落橋した。ラーメン脚及び斜材では、軸方向鉄筋は径29mm程度、帯鉄筋は径10mm程度と細く、全体的に配筋量は少ない。なお、桁の落下に伴い左岸側の護岸にはクラックが入った。このクラックは地表断層によるものではない。

A2橋台前面には桁4が衝突した痕跡があり、舗装面が浮き上がって裏込め側に約0.2m移動している。さらに、橋台側面のコンクリート擁壁にも大きなせん断クラックが生じている。これらの点からみて、桁4がA2橋台に衝突したことは確実である。桁4の応答変位が桁かかり長（0.3m程度）を越したため、桁4はA2橋台から落下した。この結果、ラーメン脚及び斜材が桁重量を支持できなかったため、落橋したと考えられる。



A2側に傾斜したP3橋脚とこの頂部から落下した桁3及び桁4（右手はA2）

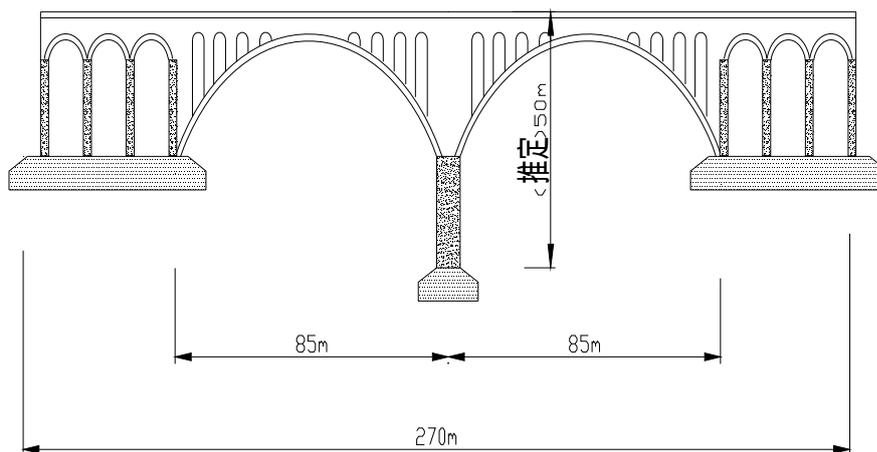


A1橋台裏込め部の破壊（点B）

## 主な参考文献

- 川島一彦，高橋良和，葛漢彬，吳智深，張建東：中国四川地震による廟子坪大橋及び小魚洞橋の被害，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.97-104，2009

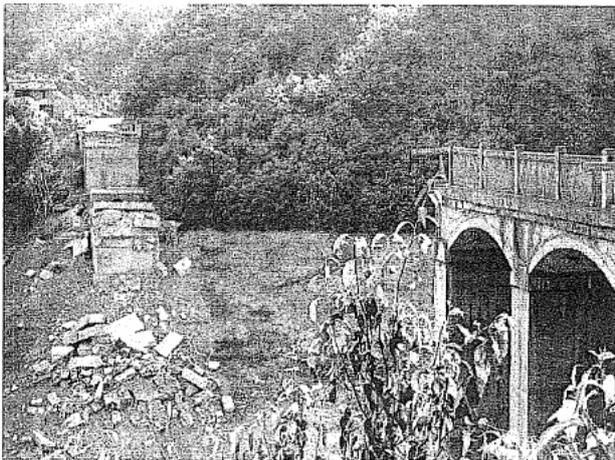
橋梁名	井田坝大橋
地震名	2008年中国・四川地震
路線・地域	青川~広元・甘肅
構造形式	2径間RCアーチ橋
橋長・支間長・幅員	橋長 約 270m 支間 2@85m 幅員 約 7m
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	1997年
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	



井田坝大橋概要図

## 被災状況

地震によって中間橋脚が基部に近い位置で倒壊し、アーチが完全に崩壊した。信憑性は確認できないが、地震時に中間橋脚が橋軸方向に倒れ、アーチ主構が折れて倒壊したという現場近くの住民の証言がある。アーチ主構と中間橋脚の何れが先に崩壊したかは判断がつかないが、一般にはアーチ主構が先に崩壊したとすれば、中間橋脚が基部に近い位置から倒壊する可能性が低いと考えられることから、中間橋脚が先に崩壊したと見ることが妥当だと考えられる。しかし、アーチ主構は、低鉄筋であることから、水平地震力によってアーチ主構に曲げモーメントが発生し、いずれかの側のアーチ主構が先に破壊し、この結果、もう一方のアーチ主構の水平力によって中間橋脚が倒れ、橋梁全体の崩壊につながったとの考え方も否定できない。



本震直後の井田坝大橋



左岸側のアーチリブ基部の破壊後の井田坝大橋

## 主な参考文献

- ・ 呉智深, 葛漢彬, 張建東, 川島一彦, 高橋良和 : 中国四川地震におけるアーチ橋の被害, 第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.105-110, 2009

橋梁名	紅東大橋
地震名	2008 年中国・四川地震
路線・地域	綿竹市行政区内
構造形式	RC アーチ橋
橋長・支間長・幅員	橋長 約 80m 支間 不明 幅員 不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	

無し

## 被災状況

完全崩壊した。現場の状況で判断すれば、写真に示すアーチ主構の取り付け部の反対側の取り付け部分に支持する地盤条件は比較的によくないように思われる。また、わずかな鉄筋しか配置されておらず、アーチ主構の基部がヒンジ構造になっているのではないかと推定される。



倒壊した紅東大橋



アーチ主構の支持部

## 主な参考文献

- ・ 吳智深，葛漢彬，張建東，川島一彦，高橋良和：中国四川地震におけるアーチ橋の被害，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.105-110，2009

橋梁名	迎春橋
地震名	2008 年中国・四川地震
路線・地域	綿竹行政区内
構造形式	無補剛石造アーチ橋
橋長・支間長・幅員	橋長 約 30m 支間 不明 復員 不明
支承形式	不明
橋脚および基礎形式	不明
地盤	不明
竣工年度	不明
適用示方書・設計水平震度	不明
落橋防止構造	不明
被災形式及びシナリオ	下部構造の破壊により落橋 シナリオ A
一般図等	

無し

## 被災状況

完全崩壊した。急峻な斜面に沿って造られた橋であり，固定部の擁壁が，両側に開いていることから，アーチ支持点が不安定となり崩壊したと考えられる。



迎春橋

## 主な参考文献

- ・ 吳智深，葛漢彬，張建東，川島一彦，高橋良和：中国四川地震におけるアーチ橋の被害，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.105-110，2009



---

土木研究所資料  
TECHNICAL NOTE of PWRI  
No.4158 December 2009

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課  
〒305 - 8516 茨城県つくば市南原1 - 6 電話029 - 879 - 6754